



PLAN ESTRATÉGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UN SINCROTRÓN EN MORELOS.

ANEXO:

**Estudio de Viabilidad Para la
Construcción de un Sincrotrón
en México**

Dr. Víctor Del Río

Dr. Víctor Del Rio

**“Estudio de Viabilidad para la
Construcción de un Sincrotrón en México”**

*“El mundo científico empezó a tomar
seriamente a Brasil a partir del
momento en que iniciamos a operar
con éxito nuestro primer sincrotrón ”*

**Cylon Da Silva-Padre del
primer sincrotrón Brasileño**

ÍNDICE

Página

Prefacio	
Agradecimientos	
Audiencia	
Lenguaje	
Abreviaciones	
Metodología	
Resumen ejecutivo	
1	Introducción
2	Breve síntesis de los esfuerzos anteriores para construir un sincrotrón en México
3	El sincrotrón -un Proyecto País
4	Breve historia del sincrotrón
4.1	El sincrotrón en el mundo científico del siglo XXI
4.2	¿Para qué sirve un sincrotrón?
4.3	¿Cómo funciona un sincrotrón?
4.3.1	Potencia del haz de luz (flexibilidad experimental)
4.3.2	Rango de la onda de longitud
4.3.3	Emisión del rayo de Luz
4.3.4	Tamaño del haz de luz
4.3.5	Pulso del haz de luz
4.3.6	Coherencia
4.3.7	Inyección de electrones (estabilidad para mantener coherencia)
4.3.8	Número de haces de luz
5.	Tendencia actual en la construcción de sincrotrones en el mundo
6.	Alternativas a la construcción de un sincrotrón
6.1	Tecnológicas
7.	Perfil de los usuarios actuales del sincrotrón
8.	Capacidad actual de la comunidad científica mexicana para diseñar y construir un sincrotrón
9.	Capacidad actual y potencial en México para el uso de una instalación como el sincrotrón
10.	Evaluación internacional de megaproyectos científicos (Big Science)
11.	Evaluación del desempeño de los sincrotrones
12.	Análisis comparativo SWOT de 5 casos de sincrotrones en el mundo (Brasil, España, Jordania y Australia).
12.1	Sincrotrón Alba
12.2	
12.3	
12.4	
12.5	
13.	Conclusiones
14	Recomendaciones
Anexos	

Prefacio

El estudio que usted tiene en sus manos presenta y desarrolla los argumentos necesarios para que el lector pueda responder las preguntas básicas que rodean la construcción del primer sincrotrón en México; entre ellas: ¿Cuál es la historia de los sincrotrones? ¿Para qué sirven? ¿Cómo se beneficiará México con la construcción de un sincrotrón? ¿hay opciones al sincrotrón? ¿Cómo se administrará el sincrotrón? Quién y como sería administrado? Hay grandes cantidades de dinero en este proyecto...como podemos minimizar el riesgo de que haya desviación de fondos? Que procesos siguieron otras comunidades científicas en el mundo para tomar la decisión de aprobar los recursos para construir un sincrotrón? Como mide la comunidad internacional los beneficios derivados de un sincrotrón?

La experiencia de la comunidad científica internacional es crítica para responder muchas de las preguntas planteadas. Analizamos 5 de estas experiencias para cumplir con este objetivo.

Una empresa de la magnitud del sincrotrón requiere de esfuerzo extraordinario, desplegado de manera consistente, por un gran número de personas dentro y fuera del mundo científico de México. Es un proyecto que rebasa sexenios y administraciones, que demanda un consenso multipartidario y el apoyo de la sociedad civil. Es en resumen un proyecto-nación que requiere que todas la partes estén persuadidas de que es el rumbo correcto a tomar.

Este estudio de caso le permitirá al los representantes de estos segmentos de la sociedad juzgar las virtudes y defectos, ventajas y desventajas de este proyecto y decidir si vale la pena recorrer el mismo camino por donde han pasado otros políticos, científicos y administradores en el mundo.

Agradecimientos

Este estudio es el resultado de una estrecha colaboración entre el gobierno del estado de Morelos a través de la Dra. Brenda Valderrama Blanco, Secretaria de Innovación, Ciencia y Tecnología y del Dr. Jaime Eugenio Arau Roffiel con el Instituto de Física de la UNAM a través del director del proyecto Dr. Matías Moreno; y de su equipo de trabajo científico formado por el Dr. José Mustre, el Dr. Armando Antillón, el Dr. Tomas Viveros y otros. Así mismo se ha trabajado estrechamente con la comunidad internacional de operadores de sincrotrones y con la comunidad mexicana de usuarios del sincrotrón. Queremos agradecer especialmente al personal directivo del sincrotrón español “Alba”, al del sincrotrón brasileño LNLS y Sirius, al del sincrotrón australiano y al personal del sincrotrón jordano “SESAME”. El personal directivo de estos centros de investigación fue muy generoso al otorgarnos el tiempo necesario para el desarrollo de este análisis y para darnos a conocer, con una gran honestidad y detalladamente, el camino que recorrieron para hacer del sincrotrón una realidad en cada uno de sus propios países. También les agradecemos el habernos dado el permiso de grabar estas entrevistas. Queremos subrayar la contribución del Dr. Cylon Da Silva quien nos contó con grandes detalles la experiencia brasileña, al Dr. Keith Nugent, ex-director del sincrotrón australiano y su actual director Dr. Andrew Peele, y al presidente del Congreso del estado de Victoria en Australia, honorable Telmo Languiller MP, quienes abrieron sus puertas, de par en par y de manera entusiasta, a cualquier posibilidad de cooperación científica con México y Latinoamérica.

Audiencia

Este plan de negocios tiene como objetivo facilitar la toma de decisiones para las autoridades políticas y administrativas mexicanas que participán en el proceso de aprobación de la construcción de un sincrotrón en México. Para ello, el estudio desarrolla y evalúa los argumentos científicos, económicos y sociales a favor y en contra de este proyecto, juzga los méritos de estos argumentos y propone una serie de recomendaciones.

Este documento está dirigido principalmente a:

- Representantes políticos en el país: senado y la cámara de diputados a nivel federal y estatal.
- Funcionarios en el poder ejecutivo: presidencia, Conacyt, Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Economía, Secretaría de Energía, SHCP, etc.
- Representantes y líderes de la cúpula empresarial (CCE, COPARMEX, CANACINTRA, etc.) y de grandes empresas públicas y privadas (PEMEX, CEMEX, etc).
- Representantes políticos estatales: gobernadores, miembros del congreso local, presidentes municipales, entre otros.
- Personal e investigadores académicos y científicos de áreas multidisciplinarias afines a las áreas de física, química y cristalografía (universidades, centros Conacyt, miembros del Sistema Nacional de Investigadores, etc.).
- Medios de comunicación
- Público en general

Lenguaje

En la elaboración de este estudio evitamos, en la medida de lo posible, el uso de conceptos científicos, técnicos y fórmulas; utilizamos en su lugar analogías y metáforas. Es importante señalar que no en todos los casos fue posible evitar el uso de conceptos científicos y que, en algunas ocasiones, ni las analogías, ni las metáforas le hicieron justicia al precepto científico o técnico que tratamos de explicar.

Este análisis es el resultado de un equipo de trabajo integrado por la diseñadora gráfica Margarita Alonso y la asistente de investigación Maya Verena. También deseo agradecer a las siguientes personas que participaron en el proceso de revisión y edición del documento: Dr. Juan Prawda, Dr. Raúl Sánchez, Mtro. Ángel Calderón, Ing. Israel Del Rio y el Mtro. Alberto Calva. Este es un trabajo interinstitucional por lo que a lo largo de la redacción usamos “nosotros” en lugar de la voz individual de “yo”.

Metodología

Para la elaboración de este estudio de viabilidad científica y económica de la construcción de un sincrotrón en México, usamos técnicas de análisis de contenido y la técnica de evaluación FDOA que revisa las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la situación de un proyecto o empresa.

Seguimos los siguientes pasos:

- 1) Identificación y análisis de la literatura científica (digital e impresa) y de divulgación en medios de comunicación (periódicos, revistas, radio, televisión y redes sociales-internet) relacionada con los sincrotrones.
- 2) Identificación y análisis de la literatura científica relacionada con las formas y métodos que utiliza la comunidad internacional para la evaluación de megaproyectos científicos conocidos coloquialmente en inglés como “Big Science”.
- 3) Entrevistas “*en situ*” con el personal directivo, científico y técnico de tres sincrotrones en operación (Alba, LNLS y el Australiano) y dos en proceso de construcción (SESAME y Sirius).
- 4) Estudio comparativo FDOA, por etapa, de los cinco sincrotrones evaluados.
- 5) Entrevistas con el personal científico en México de los centros de investigación más importantes del país.
- 6) Identificación de impactos, costos y beneficios científicos, tecnológicos, industriales y sociales de la construcción del sincrotrón.
- 7) Identificación de estrategias de éxito y de las lecciones aprendidas de los procesos de aprobación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y evaluación de desempeño de los sincrotrones estudiados.

Resumen ejecutivo

Los sincrotrones son un complejo de instalaciones e infra-estructura científica (edificios, aparatos, laboratorios, áreas administrativas, etc.) que hospedan y operan tecnologías de punta para llevar a cabo una variedad de experimentos multidisciplinarios, que usan como fuente la luz de sincrotrón.

En base en la información recabada y analizada en este estudio, los autores de este plan de negocios concluyen que “...la construcción del primer sincrotrón en México es una necesidad prioritaria e impostergable. Su construcción elevaría la posición científica y tecnológica, el crecimiento económico y la calidad de vida de la población en el País”.

Por las siguientes razones:

1. Todos los documentos rectores de la política en el área de ciencia y tecnología de Europa y de los Estados Unidos que se han publicado desde 1959 han llegado a la misma conclusión: el sincrotrón es un instrumento que está revolucionando los campos de investigación científica y tecnológica multidisciplinaria en el mundo.

País	Año	Reporte	Conclusión
Estados Unidos	1959	Panel especial en la Física de Aceleradores de Altas Energías	Aprobación para construir el primer sincrotrón
Estados Unidos	1984	Reporte, Major Facilities for Materials Research and Related Disciplines	Recomendación para modernizar o construir varios sincrotrones
Estados Unidos	1997	Primer Reporte BESAC	Recomendación para modernizar o construir varios sincrotrones
Comunidad Europea	1998	Reporte ESF, Review of the needs for European synchrotron and related beam-lines for biological and biomedical research	Recomienda la construcción de varios sincrotrones de Europa
Estados Unidos	1999	Reporte Basic Energy Sciences Advisory Committee Panel on	Respalda el valor crítico, científico y tecnológico de la luz de sincrotrón

		Novel Coherent Light Sources	
Comunidad Europea	2006	Reporte ESRFI: European Strategy Forum on Research Infrastructures	Incluyen la construcción de sincrotrones como prioridades en la ruta de éxito de la comunidad
Comunidad Europea	2010	Reporte ESRFI: Strategy Report on Research Infrastructures, Roadmap 2010	Listan 10 megaproyectos entre ellos dos sincrotrones
Estados Unidos	2013	Reporte BESAC	Absoluto apoyo al sincrotrón recomienda la modernización y construcción de más sincrotrones

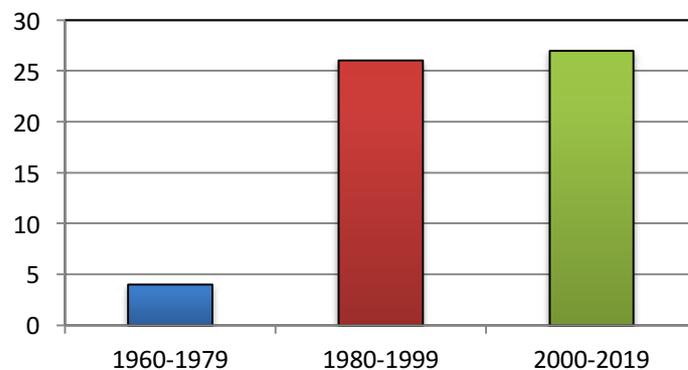
Cuadro 1 Reportes científicos Estados Unidos y Comunidad Europea

Esto lo han conseguido a través de facilitar el avance de la ciencia en el área del conocimiento puro (ciencia básica) y para resolver problemas específicos (ciencia aplicada). Los órganos rectores de la política en ciencia y tecnología aceptan, sin cuestionamientos, que el sincrotrón está cambiando las reglas del juego para crear un mundo mejor.

2. Los Gobiernos han escuchado y actuado con decisión. Los Gobiernos en países han respondido a las recomendaciones hechas por los expertos científicos y han aprobado el presupuesto

necesario para diseñar, construir, operar y modernizar esta mega-

Número de sincrotrones en operación



Gráfica 1 No. de Sincrotrones en operación

infraestructura científica. Existen 57 sincrotrones operando globalmente, 26 de estos sincrotrones entraron en operación en el período 1980-1999. Los 27 restantes han entrado en operación a partir del año 2000. La inauguración continua de este tipo de instalaciones es evidencia clara de que el mundo está construyendo más y mejores sincrotrones, a un ritmo más acelerado, con tecnologías de frontera que están incrementando constantemente los beneficios que este instrumento proporciona a la humanidad. Hay evidencia positiva sobre su impacto económico y beneficio financiero y social. Actualmente, el sincrotrón es un catalizador del crecimiento económico de un país, un estado o una región. La magnitud del impacto económico de este tipo de megaproyecto puede transformar un país. Por ejemplo, el sincrotrón Diamond en Inglaterra está realizando experimentos para el desarrollo de la propulsión por hidrógeno de automóviles. Esta tecnología, calculan los científicos y economistas, generará beneficios económicos al país de \$300,000 millones de dólares americanos para el 2050. El sincrotrón australiano ha estimado beneficios entre 5 y 200 millones de dólares en los proyectos de investigación aplicada que ha o está llevando a cabo. Es claro que para estos gobiernos el sincrotrón representa una gran ventaja competitiva no solo a nivel científico, sino a nivel comercial e industrial.

No. Economía	País	No. Sincrotrones
1	Estados Unidos	8
2	China	3
3	Japón	7
4	Alemania	7
5	Francia	2
6	Reino Unido	1
7	Brasil	2
8	Italia	2
9	Rusia	2
10	India	4
11	Canada	2
12	Australia	1
13	Corea	1

14	España	1
15	México	0
22	Suiza	1
24	Suecia	4
27	Taiwan	2
30	Iran	1
33	Tailandia	1
34	Dinamarca	1
37	Singapur	1
90	Jordania	1
N/A	Armenia	1

Cuadro 2 IMF World Economic Outlook, Octubre 2014

- México tiene que cerrar esta brecha científica y tecnológica. En la lista de los países clasificados por el tamaño de su Producto Interno Bruto (PIB), México ocupa el lugar número 15. Todos los países desde la primera posición hasta la decimo cuarta tienen por lo menos un sincrotrón. En el contexto latinoamericano, Brasil tiene uno desde el 1998 y actualmente está construyendo su segundo sincrotrón. Con relación al desarrollo de instalaciones de luz sincrotrón, México esta muy rezagado en comparación con sus contrapartes del mundo y latinoamérica. Es tiempo de responder a este reto y cerrar la brecha.
- Beneficios en todos los campos del conocimiento. Este estudio identifica docenas de ejemplos de impacto académico y social de esta megaestructura científica. En el sincrotrón se llevan a cabo investigaciones en más de 60 disciplinas diferentes.

Período otorgado	No. de Premios Nobel
2000-2013	11
1980-1999	6
1962-1979	4

Es una fabrica de Premios Nobel (15 desde 1997 y 21 en los últimos 50 años). Las

Cuadro 3 Premios Nobel asociados al uso del sincrotrón investigaciones en/o asociadas al sincrotrón contribuyen a mejorar la calidad de vida de la población: en el sector alimentario, el energético, el de la salud, el de protección al medioambiente etc. Investigaciones que protegen la producción artística y cultural de un país y mejoran

nuestro conocimiento histórico y antropológico. Es un instrumento con una gran flexibilidad y una gran amplitud, indispensable para crear una verdadera sociedad del conocimiento.

6. México tiene la capacidad científica y tecnológica para llevar a cabo esta mega empresa. Comparativamente, México está en una posición muy superior científica y tecnológicamente que en la que se encontraban en su momento los líderes científicos de los cinco sincrotrones estudiados. Sobrepasamos los requisitos básicos para poder diseñar, construir y operar un sincrotrón; tenemos liderazgo científico, una gran historia en el área de aceleradores y una comunidad fuerte de usuarios actuales y potenciales. La comunidad científica e industrial en México requiere de este tipo de instalaciones para el desarrollo de sus actividades cotidianas.
7. México tiene la capacidad *potencial* para usar plenamente el tiempo sincrotrón. El Banco Mundial estimó que en el 2012, en México había más de 42,000 investigadores dedicados a la investigación y desarrollo. El mínimo necesario de científicos para utilizar plenamente el tiempo sincrotrón disponible es de 5,000. México tiene una comunidad de usuarios potencial ocho veces más grande. El Sistema Nacional de Investigadores (SNI) cuenta con más de 23,000 miembros. Tenemos potencialmente los recursos calificados que podemos capacitar para usar esta tecnología.
8. El sincrotrón es una tecnología probada, es decir, que cuenta con amplio respaldo teórico y práctico. En el horizonte cercano, a mediano y largo plazo no hay alternativas tecnológicas que le puedan hacer frente. Hay una serie de tecnologías emergentes, no probadas, que en veinticinco años podrían ofrecer algunas opciones de mucho menor calidad (a un menor costo); sin embargo, no constituyen una

alternativa de calidad a los servicios ofrecidos por un sincrotrón con las características del que se quiere construir en México. Por su parte, la comunidad de sincrotrones en el mundo ha demostrado su compromiso y su voluntad ayudando a otros países a que desarrollen su capacidad investigativa .

9. México puede superar todos los desafíos que genere este proyecto. Los líderes políticos, científicos y tecnológicos que han pasado por la experiencia de construir uno o varios sincrotrones han demostrado con éxito que pudieron superar todos los desafíos, sin importar lo complejo y grande de las dificultades que enfrentaron; desde crisis económicas, hiperinflación, cambios de gobierno, falta de flujo de efectivo, desastres naturales, etcétera. Aunque estos eventos generaron retrasos no impidieron la puesta en marcha de las instalaciones de luz sincrotrón.
10. Los riesgos serán mucho menores si aprendemos de la experiencia de otros países. Los sincrotrones han estado en operación durante las últimas dos décadas, de cada uno de ellos hemos recibido lecciones que nos permiten maximizar las oportunidades y minimizar los riesgos asociados al diseño, construcción y operación del sincrotrón mexicano. Este documento propone 83 recomendaciones para lograr estos objetivos; las cuales representan, en su mayoría, las mejores prácticas mundiales en sus respectivas categorías.

Por estas diez razones tenemos que empezar a recorrer este camino. No en un mes, no mañana ... sino hoy...inmediatamente

1. Introducción

El 7 de noviembre del 2013 se llevó a cabo una reunión nacional del Conacyt en el estado de Morelos, en la cual el gobernador del estado, Graco Ramírez, asumió públicamente el liderazgo para hacer realidad la construcción de un sincrotrón en México. En la reunión estaban presentes Enrique Cabrero Mendoza, director general del Conacyt; Bolívar Zapata, coordinador de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Oficina de la Presidencia de la República; los representantes estatales del Conacyt y de varios centros científicos del país.

El Gobierno de Morelos actuó en consecuencia con este compromiso, y a través de un proyecto FOMIX, en conjunto con Conacyt, financió el *Estudio de la Viabilidad de la Construcción de un sincrotrón en Morelos*. Este proyecto está bajo el liderazgo del Instituto de Física de la UNAM (IFUNAM) y participan otras instituciones de prestigio nacional en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México.

El proyecto es coordinado en Morelos por la Dra. Brenda Valderrama Blanco, Secretaria de Innovación, Ciencia y Tecnología. El director del proyecto por parte de la UNAM es el Dr. Matías Moreno y la UNAM, a su vez, comisionó a mi persona, Dr. Víctor del Río, para que me encargara de desarrollar el plan de negocios que contiene este documento.

1.1 Objetivo principal del proyecto FOMIX¹

Desarrollar un plan estratégico que comprenda un estudio de viabilidad y plan de negocio que impulse la construcción de un sincrotrón en Morelos, con el propósito de incrementar la infraestructura científica de punta para usuarios de múltiples disciplinas, que dé sustento a la competitividad de los grupos que hacen ciencia y desarrollo

¹ FOMIX MORELOS, 2014 Área 4: Demanda, Multidisciplinario. Plan estratégico que comprenda un estudio de viabilidad y plan de negocios para la construcción de un sincrotrón en Morelos.

tecnológico en México, que aproveche la capacidad industrial del país y detone procesos de innovación y diversificación de la producción en este sector.

Los objetivos específicos del proyecto FOMIX son:

1. Contar con un estudio de viabilidad como elemento fundamental de apoyo a la toma de decisiones sobre la construcción y operación de una instalación sincrotrón que se convertiría en el tercero de Latinoamérica.
2. Identificar las oportunidades y los riesgos de la construcción de un instrumento de tan alta envergadura.
3. Precisar el costo de inversión y de operación del sincrotrón.
4. Identificar las opciones técnicas y financieras para la implementación de la instalación del sincrotrón.
5. Identificar usuarios y aplicaciones pertinentes para México a partir de los cuales se propondrán líneas de investigación, laboratorios y aplicaciones con óptima rentabilidad y de mayor interés, desde el punto de vista técnico. Congruentemente, el estudio generará un instrumento guía que facilite la negociación con posibles inversionistas.
6. Búsqueda de la localización idónea para el laboratorio que incluirá características del suelo, recursos para el suministro de energía eléctrica y agua, acceso a la comunidad académica, y cercanía a algún a un aeropuerto internacional.
7. Contar con opciones para estimular el crecimiento de recursos humanos del sector de usuarios que enfrentarán los retos científicos del mañana y las inversiones necesarias para cada caso.
8. Medir, entre otros indicadores, el número de empleos a generarse en el área, número de centros e institutos de investigación asociados al sincrotrón a

instalarse, número de personal especializado que requerirá capacitación y número de empresas que se beneficiarán con la instalación del sincrotrón.

2. Breve síntesis de los esfuerzos anteriores para construir un sincrotrón en México

En los últimos ocho años la comunidad científica mexicana y otras personas interesadas en el tema (entre ellas el autor de este estudio de negocios) han propuesto en cuatro ocasiones anteriores proyectos para la construcción de un sincrotrón, de aparatos de segunda generación o de acceso a luz de sincrotrón en laboratorios extranjeros. A continuaremos damos una descripción cronológica breve de estas propuestas.

2.1 Desarrollo de la tecnología de aceleradores fuente de luz de sincrotrón, junio 30 de 2007

Esta primera propuesta fue desarrollada por un consorcio de instituciones de educación superior e investigación científica como parte del llamado realizado por el Conacyt en su *Convocatoria para presentación de ideas para la realización de megaproyectos de investigación científica o tecnológica 2006*. Los editores de este proyecto fueron: el Dr. Armando Antillón Díaz, del Instituto de Ciencias Físicas de Cuernavaca, Morelos; por parte del CINVESTAV el Dr. Guillermo Contreras Nuño, Departamento de Física Aplicada; el Dr. Gerardo Herrera Corral y el Dr. Ricardo López Fernández, Departamento de Física; y el Dr. Matías Moreno Yntriago, del Instituto de Física de la UNAM.

La propuesta buscaba construir un acelerador circular de partículas para producir fotones, luz de sincrotrón, que permita ver lo que está ocurriendo en la estructura de la materia a nivel molecular y atómico. Este instrumento sería de gran utilidad para muy

diversos campos de la ciencia y la tecnología. El costo estimado era de \$950 millones de pesos distribuidos a lo largo de 5 años; el proyecto se considera de bajo costo. Esta propuesta no paso a la siguiente fase de aprobación.

2.2 Fuente de luz del Sincrotrón Australiano, agosto del 2011

En Marzo del 2011, un grupo de australianos/latinoamericanos entre los que se encontraba el Profesor Keith Nugent, Vice-rector de Proyectos Especiales de la Universidad de Melbourne y Director del sincrotron Australiano, el miembro del parlamento de Victoria, Telmo Languiller y el autor de este documento, le propusieron a las autoridades de la Universidad de Melbourne y del sincrotrón Australiano el explorar las posibilidades de que científicos mexicanos y latinoamericanos pudiesen tener acceso al acelerador de partículas en Australia para realizar experimentos científicos. Como respuesta a esta solicitud, el consejo directivo del sincrotrón Australiano tomó la decisión de donar una de sus 38 haces de luz para que los científicos latinoamericanos pudiesen llevar a cabo sus experimentos usando esta tecnología de punta. Esta donación equivalía a una inversión comercial de \$25 millones de dólares. En agosto del 2011 se realizaron reuniones con más de 50 científicos en México, Argentina y Chile para sondear el interés del sector científico en la propuesta australiana. El costo estimado de inversión sería de entre \$7 y \$10 millones de dólares que se orientarían a construir el o los laboratorios y los instrumentos de medición requeridos para explotar este haz de luz, más los costos de viaje y hospedaje de los científicos que se trasladaran a Australia para realizar sus investigaciones. Esta propuesta no fructificó debido a las siguientes razones:

- La complejidad de invertir en la construcción de un laboratorio que estaría ubicado en un complejo tecnológico en el extranjero.

- La complejidad envuelta en coordinar actividades de investigación científica y distribución de tiempo con los científicos de otros países.
- La complejidad en identificar qué tipo de laboratorio sería más apropiado construir para optimizar el uso de la salida de luz.

Había también otras preocupaciones externadas por la comunidad científica mexicana, entre ellas resaltan:

- Que los recursos económicos otorgados para la salida de luz podrían provenir de la misma bolsa de dinero orientada a financiar una serie de proyectos científicos en línea. Esto podría debilitar la cohesión de la comunidad científica para apoyar un proyecto como la línea de luz, ya que retrasaría la implementación de otros proyectos científicos en los cuales se ha trabajado por muchos años.
- Que las autoridades científicas adoptaran la posición de que una línea de luz sincrotrón cubriría todas las necesidades científicas del país, por lo que esta línea no fuese vista como un primer paso hacia la meta de desarrollar un propio sincrotrón en México.
- Que se crearan tensiones en la comunidad científica mexicana para definir qué tipo de salida de luz se requiere (ya que habría una diversidad de opiniones sobre las necesidades más urgentes a cubrir en el área de investigación científica)
- Que se crearan tensiones en la comunidad científica mexicana para la definición del proceso de nombramiento de la autoridad que asigne el tiempo de la salida de luz sincrotrón.

Todos estos temas fueron confrontados y superados por otros sincrotrones en el mundo (ver los estudios de caso).

2.3 Laboratorio Nacional de Aceleradores de Luz Sincrotrón. Fase de diseño y prototipos, Septiembre del 2011

Esta propuesta fue presentada como parte de las redes temáticas del Conacyt. Los editores de este proyecto fueron el Dr. Armando Antillón Díaz, del Instituto de Ciencias Físicas en Cuernavaca, Morelos; el Dr. Guillermo Contreras Nuño del Departamento de Física Aplicada y el Dr. José Mustre de León, los dos anteriores pertenecientes al CINVESTAV; el Dr. Antonio Juárez y el Dr. Matías Moreno Yntriago, del Instituto de Física de la UNAM y el Dr. Gerardo Moreno López y el Dr. Mauro Napuciale de la Universidad de Guanajuato.

Este proyecto buscaba diseñar una fuente de luz sincrotrón para México, desarrollar prototipos de las partes fundamentales del acelerador de electrones que produce la luz de sincrotrón e impulsar un vigoroso plan de formación de recursos humanos. El costo total de este proyecto ascendía a los \$2,355,955 dólares estadounidenses, aproximadamente \$30.5 millones de pesos mexicanos. El proyecto no fue aprobado por Conacyt.

2.4 Fuente de luz sincrotrón 1ª fase: Inyector LINAC Línea de luz sincrotrón para México, febrero del 2012

Esta propuesta fue presentada como parte de las redes temáticas de Conacyt. Los editores de este proyecto fueron por parte del CINVESTAV: Guillermo Contreras Nuño, Gerardo Herrera Corral y Ricardo López Fernández y Arturo Fernández Téllez de la Facultad de Ciencias Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Esta propuesta buscaba la formación de infraestructura material y humana encaminada a la construcción de una fuente de luz de sincrotrón. Los objetivos específicos del proyecto eran:

- La creación de un laboratorio dedicado a la investigación de aceleración de partículas y generación de luz de sincrotrón mediante el montaje de un acelerador de electrones lineal de radiofrecuencia.
- Montaje y operación de una línea de luz sincrotrón mediante la colocación de un dipolo magnético al final de la línea de haz para uso experimental.
- Establecer y consolidar un grupo interdisciplinario para el estudio de aceleradores, detectores y sus diferentes aplicaciones en ciencia y tecnología.
- Construcción de la primera etapa de una fuente de luz sincrotrón. El acelerador lineal de electrones constituye la primera fase de una fuente de luz sincrotrón para México al ser el inyector que proporcionará los electrones al anillo impulsor que a su vez elevará la energía de los electrones de 100 MeV a 3.5 GeV antes de que éstos sean inyectados al anillo almacén donde se genera la luz sincrotrón.

La inversión solicitada estaba desglosada en los costos del equipo que ascendía a \$3.9 millones de dólares. Los costos de operación se presentaban en dos escenarios diferentes. En cada escenario los costos variaban entre \$50 y \$75 millones de pesos por el período total de tres años. El proyecto incluía una contribución de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por \$5 millones de pesos. La propuesta no fue aprobada por el Conacyt.

3 El sincrotrón-un Proyecto País

La fuente de luz sincrotrón² está revolucionando la ciencia pura y aplicada en el mundo del Siglo XXI, impulsa la innovación tecnológica y genera una gran variedad de

² En el documento nos referimos a ella solamente como sincrotrón o con la abreviatura *LS*.

oportunidades para la producción de bienes y servicios en los sectores público y privado, en casi todas las industrias en existencia: energía renovable y no renovable, minería, nanotecnologías, salud, biología, información y comunicación tecnológica, agricultura, antropología, arqueología, artes estéticas, criminología, etcétera (ver anexo 2). Es un instrumento de investigación con vasta capacidad de análisis técnico que sirve a gran cantidad de disciplinas. Un experimento científico que típicamente requiere varios meses siguiendo métodos tradicionales, puede realizarse en un sincrotrón solamente en unas semanas, obteniendo resultados más precisos y de mayor calidad.

El sincrotrón produce una luz que tiene una brillantez de más de diez millones de veces que la luz solar. Esta luz se usa para crear imágenes nítidas a nivel atómico y molecular; y para identificar de qué están hechas las muestras bajo observación, usando una serie de técnicas de rayos de luz visibles e invisibles al ojo humano.

Los resultados obtenidos por el sincrotrón son sobresalientes. Ha permitido:

1. El desarrollo de métodos más eficientes y precisos para la:
 - a) La identificación de reservas potenciales y probadas de petróleo, gas y recursos minerales como el oro.
 - b) La identificación de variedades de grano más resistentes y con mayor contenido nutricional como el trigo.
 - c) El desarrollo de nuevos medicamentos.
 - d) La certificación del origen de obras de arte y de piezas arqueológicas.
 - e) La identificación de restos humanos a partir de pequeñas muestras de ADN (criminología).

2. Desde 1962, por lo menos 24 científicos han sido galardonados con el premio nobel por experimentos realizados usando directa o indirectamente fuentes de luz sincrotrón, lo anterior en áreas como física, biología, genética y medicina.
3. Se estima que por cada experimento en ciencia aplicada en el sincrotrón se ahorran o generan ingresos que varían de \$5 a \$200 millones de dólares. Hay investigaciones en el sincrotrón Diamond en Inglaterra para desarrollar un automóvil impulsado por hidrógeno, que va a generar beneficios económicos potenciales estimados en \$300,000 millones de dólares americanos para el 2050.
4. En la mayoría de los sincrotrones de tercera generación observados existe una relación de por lo menos una publicación en revistas científicas de primer nivel por experimento realizado.
5. En la mayoría de los sincrotrones observados existe una relación de por lo menos una patente por experimento realizado.

La construcción y establecimiento de una herramienta como el sincrotrón requiere los siguientes elementos:

- Un presupuesto total de aproximadamente \$500-\$750 millones de dólares americanos erogado en un plazo de 7 años (\$71.5-\$107) millones en promedio por año).
- Área con suficiente superficie (20 hectáreas), con servicios, buen acceso y seguridad.
- Construcción de la infraestructura del anillo del sincrotrón, edificio para equipo de control, oficinas administrativas y otras construcciones de almacenamiento y apoyo.
- Diseño del tipo de sincrotrón a construir (definición específica de los objetivos y capacidades de la herramienta que se va a implementar).

- Diseño del tipo de líneas de experimentación y los sensores respectivos a diseñar y construir.
- Plan de trabajo e implementación para la adquisición e integración de las muchas tecnologías de punta requeridas para la puesta en operación de la herramienta. Esto requiere de licitaciones técnicas específicas, de selección de vendedores y contratistas.
- En algunos casos, desarrollo de tecnologías específicas requeridas para aspectos únicos del proyecto (programación de software, sistemas de monitoreo, etc.)
- Reclutamiento, capacitación del personal científico y de soporte para su operación y mantenimiento óptimo.
- Capacitación del personal científico y técnico que formara parte de la comunidad multidisciplinaria de usuarios.
- Establecimiento de protocolos de uso y metodologías de mantenimiento y soporte.
- Financiamiento y flujo de efectivo seguro y de acuerdo a un calendario aprobado de entrega.

Sin duda alguna, la implementación de un proyecto como el sincrotrón es una empresa de alto impacto para el desarrollo científico, tecnológico e industrial del país y por ello requiere de apoyo a nivel nacional y de un compromiso sostenido de 7 años de duración.

El sincrotrón se ha convertido rápidamente en un instrumento básico para que cualquier país pueda incrementar el nivel de competitividad de su industria nacional y sea reconocido como una potencia científica y de desarrollo de tecnología de punta.

Hay 56 sincrotrones en 23 países del mundo, cuatro están en proceso de construcción y dos fueron reemplazados recientemente: el Alemán Bessy I fue reemplazado por el Bessy II y el inglés SRS de Daresbury fue reemplazado por el Diamond.

No.	País	Nombre	Año de inicio de operaciones
1	Armenia	CANDLE	2017
2	Australia	AS	2007
3	Brasil	LNLS	1997
4	Brasil	Sirius	2015
5	Canadá	CLS	2005
6	China	BSRF	1991
7	China	NSRL	1991
8	China	SSRF	2009
9	Dinamarca	ASTRID	1998
10	Dinamarca	ASTRID2	2014
11	Francia	ESRF	1992
12	Francia	SOLEIL	2007
13	Alemania	ANKA	2003
14	Alemania	BESSY II	1998
15	Alemania	DELTA	1999
16	Alemania	ELSA	1987
17	Alemania	MLS	2008
18	Alemania	PETRA III	2009
19	Alemania	PETRA III	1995
20	India	Indus 1	1999
21	India	Indus 2	2013
22	Irán	ILSF	2019
23	Japón	DAFNE	2001
24	Japón	ELETTRA	1993
25	Japón	ASRC	2013
26	Japón	HISOR	2002
27	Japón	KEK	1982
28	Japón	RitsSR	1999
29	Japón	SAGALS	2004
30	Japón	SPring-8	1997
31	Japón	UVSOR	1983
32	Jordania	SESAME	2015
33	Corea	PLS	1995
34	Rusia	DELSY	1999
35	Rusia	KSRS	1999

36	Rusia	SSRC	2005
37	Rusia	TNK	1964
38	Singapur	SSLS	1999
39	España	ALBA	2012
40	Suecia	MAX I	1986
41	Suecia	MAX II	1996
42	Suecia	MAX III	2007
43	Suecia	MAX IV	2016
44	Suiza	SLS	2001
45	Taiwán	NSRRC	1993
46	Taiwán	NSRRC (Photon Source)	2015
47	Tailandia	SLRI	2004
48	Reino Unido	Diamond	2007
49	Estados Unidos	ALS	1993
50	Estados Unidos	APS (Photon Source)	1995
51	Estados Unidos	CAMD	2012
52	Estados Unidos	CHESS	1999
53	Estados Unidos	NSLS-II	2015
54	Estados Unidos	SSRL	1974
55	Estados Unidos	SURF	1961
56	Estados Unidos	Fermilab (Photon Source)	1967
57	Alemania	BESSY (cerrado)	1981

Cuadro 4 Sincrotrones en el mundo

El sincrotrón mexicano propuesto es un macro-proyecto nacional de infraestructura científica, tecnológica e industrial comparable en dimensiones e inversión a la planta nuclear de Laguna Verde.

Todos los países avanzados como Estados Unidos, China, Alemania, España, Italia, Suiza tienen por lo menos un sincrotrón. Entre los quince países con mayor producto interno del mundo, México es el único que no tiene un sincrotrón (Banco Mundial, PIB Rankings-2013 y IMF 2014), México figura en el lugar número 15 en esta lista jerárquica por PIB. Hay otros países en vía de desarrollo como Jordania, Armenia, Irán y Taiwán que también cuentan por lo menos con un sincrotrón.

No. Economía	País	No. Sincrotrones
1	Estados Unidos	8
2	China	3
3	Japón	7

4	Alemania	7
5	Francia	2
6	Reino Unido	1
7	Brasil	2
8	Italia	2
9	Rusia	2
10	India	4
11	Canadá	2
12	Australia	1
13	Corea	1
14	España	1
15	México	0
22	Suiza	1
24	Suecia	4
27	Taiwán	2
30	Irán	1
33	Tailandia	1
34	Dinamarca	1
37	Singapur	1
90	Jordania	1
N/A	Armenia	1

Cuadro 5 World Economic Outlook, Octubre 2014

El último sincrotrón en entrar en operación fue el Taiwanés NSRRC³ inaugurado el 21 de enero del 2015. Este es un sincrotrón con una potencia entre 3-3.3 GeV y de 518 metros de circunferencia. El sincrotrón NSRRC Taiwanés tuvo un costo de \$7 billones de dólares americanos y se ha consolidado como uno de los más avanzados en su tipo.

³ <http://www.nsrcc.org.tw>



Imágen 1 Sincrotrón brasileño Sirius

El único país en Latinoamérica con un sincrotrón en operación es Brasil (LNLS) y está por construir Sirius, el segundo sincrotrón brasileño. El Sirius tendrá una circunferencia de 518 metros y un costo total de casi \$500 millones de dólares, esta cifra excluye la infraestructura compartida con el sincrotrón LNLS que ya está en operación e incluye el costo de todas las líneas experimentales.

Una de las razones que ha incidido en que la Universidad de Sao Paulo sea la única universidad latinoamericana entre las mejores 100 universidades del mundo en el área de investigación (World Reputation Rankings 2014), es el uso intensivo del sincrotrón que hacen los investigadores universitarios de esta casa de estudios. Desde el año 2011, la Universidad de Campiñas (UNICAMP) que aloja el sincrotrón brasileño, ha figurado en el lugar número tres de entre las 250 mejores Universidades de Latinoamérica (QS Rankings/Latín América), lo cual representa una gran hazaña si se considera que hace una década la UNICAMP ni siquiera figuraba en los rankings internacionales. La UNAM ocupó el lugar número siete en el QS Rankings en el 2014. Argentina y Brasil son los dos países que tienen más universidades entre las 100 mejores instituciones educativas en Latinoamérica. México solo tiene dos entre los primeros 10 lugares: la UNAM y el Tecnológico de Monterrey.

En Noviembre del 2015 habrá una reunión de científicos para discutir la posibilidad de diseñar y construir un sincrotrón para los países de África⁴. Esta propuesta es impulsada por el Profesor Herman Winick de la Universidad de Stanford quien también promovió la construcción del SESAME el cual se convertirá en el primer sincrotrón en medio oriente.



Imágen II Sincrotrones europeos de tercera generación

Se estima⁵ que debería de haber un sincrotrón por cada por cada 5,000 científicos. Con base en este indicador, México debería tener un mínimo de cuatro sincrotrones con un mínimo de 10 haces de luz cada uno.

4. Breve historia del sincrotrón

La historia de la humanidad está llena de invenciones que han revolucionado el conocimiento científico y tecnológico y que han tenido un gran impacto en la calidad de vida del ser humano. Uno de ellos fue el microscopio, como pieza de un rompecabezas

4 <http://www.bbc.com/news/science-environment-31743674>

5 El Sincrotrón Alba y el Australiano tienen un promedio de 450 usuarios por haz de luz. Y ambos están operando 10 haces de luz de Sincrotrón. Un Sincrotrón como el Mexicano, iniciaría operaciones con aproximadamente 10 haces de luz. Esto requeriría de un mínimo de 5,000 científicos aproximadamente.

nos ha ayudado a formar un panorama más exacto de nuestro mundo. ¿Qué sería del mundo si Zacharias Jansen's no hubiese inventado el microscopio en 1590's? El mundo científico sería, sin duda, uno completamente diferente. La invención de este instrumento permitió que Hooke descubriera la existencia de las células en 1665 y que Pasteur realizara en el siglo XIX sus famosos descubrimientos que permitirían la creación de las vacunas contra la rabia y el ántrax. Este invento cambió la manera de hacer ciencia en el mundo.

El siglo XX nos trajo otra invención de la misma estatura del microscopio pero que apenas está siendo conocida por el mundo científico fuera de las áreas de la física: la radiación de sincrotrón. El físico francés Alfred Lienard de la Ecole des Mines desarrolló en el siglo XIX la teoría detrás de la radiación de sincrotrón, pero no fue sino hasta el 24 de abril de 1947 cuando Herb Pollock, Robert Langmuir, Frank Elder y Anatole Gurewitsch vieron por primera vez una luz azul blanquecina saliendo de un tubo al vacío del primer aparato de sincrotrón. Este primer sincrotrón fue creado en el laboratorio de investigación científica de General Electric en New York. Estos científicos fueron testigos del nacimiento de la primera fuente de luz de sincrotrón. Este descubrimiento quedó por mucho tiempo encerrado dentro de los confines de los estudiosos de la física, química y otras aplicaciones de nanotecnología. En otras palabras sólo fue conocido por un número muy pequeño de científicos provenientes, en su mayoría, de estas disciplinas cuya preocupación principal estaba enfocada en avanzar el conocimiento en las ciencias puras.



Imágen III H. Pollock, R. Langmuir, F. Elder y A. Gurewitsch

El científico Max Perutz a finales de los años 50s empezó a desarrollar sofisticadas técnicas de cristalografía que lo llevarían a ganar el Premio Nobel de Química en 1962 por sus estudios de las estructuras de la hemoglobina y la mioglobina usando técnicas de rayos X innovadoras. Perutz se dio cuenta de las ventajas que un instrumento que era usado fundamentalmente para el estudio de las partículas atómicas fuese usado en otras disciplinas. Perutz fue, poco a poco, desarrollando y afinando las técnicas para que se usara la luz de radiación sincrotrón en estudios de biología molecular. Con ello unió dos campos del conocimiento que habían estado separados históricamente: la física y la biología, creando toda una revolución en el campo de la ciencia y la tecnología. Pero sobre todo abrió la puerta para que otros científicos de otras disciplinas empezaran a explorar usos alternativos de la luz de radiación sincrotrón.

Otros científicos fueron descubriendo nuevas aplicaciones y técnicas de análisis en las ramas de minería, energía, estéticas entre otras. El sincrotrón fue abriendo

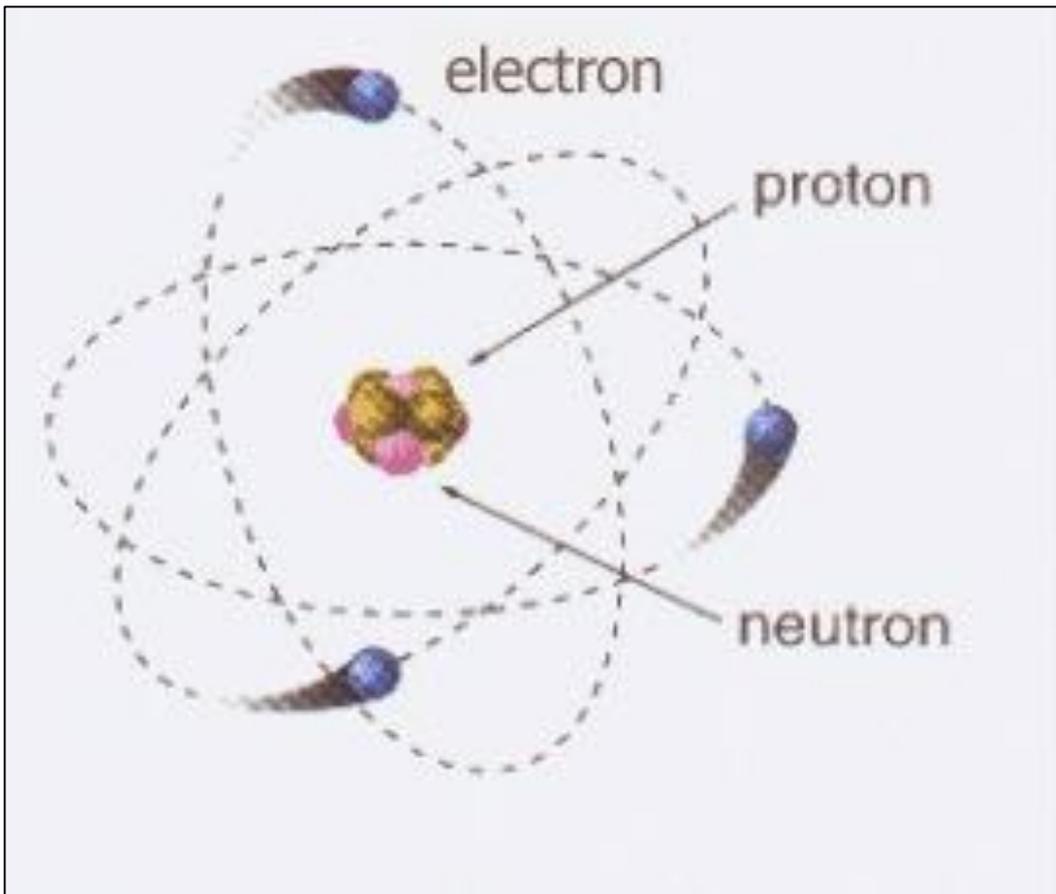
lentamente las puertas de un mundo que sólo era imaginado por Hollywood en películas como la dirigida por Richard Fleischer, un Viaje Fantástico (1966). Esto fue el inicio de una revolución de ideas en donde en menos de una década los usuarios del sincrotrón cambiarían de perfil radicalmente. Los usuarios del sincrotrón en países europeos y en Australia dejaron de circunscribirse a las ramas de la física y la química; se integraron investigadores de diversas áreas como medicina, biología, farmacéutica, estética, paleontología, antropología, minería, información tecnológica, etcétera.

En términos tecnológicos, el sincrotrón evolucionó de la primera a la segunda generación en 30 años, de la segunda a la tercera generación en menos de 20 años y actualmente se diseñan y están en construcción sincrotrones de la cuarta generación. El sincrotrón ha generado beneficios de grandes dimensiones para la ciencia en general, para la industria, para la academia, para los propios investigadores, para la sociedad en su conjunto, es decir para la humanidad.

4.1 El sincrotrón en el mundo científico del siglo XXI

En esta sección se explica brevemente la manera como funciona un sincrotrón, sus características básicas y el papel que esta jugando en el siglo XXI.

4.1.1 ¿Qué es un sincrotrón?



Imágen IV El electrón en el átomo

Los sincrotrones son un complejo de instalaciones e infra-estructura científica (edificios, aparatos, laboratorios, áreas administrativas, etc.) que hospedan y operan tecnologías de punta para llevar a cabo una variedad de experimentos multidisciplinarios, que usan como fuente la luz de sincrotrón.

Sincrotrón es un término que proviene del inglés *synchronous electron*. Esta frase indica dos características de la partícula atómica al centro de este fenómeno físico: el electrón. Por un lado porque “acelera” y por el otro porque “sincroniza” el viaje de los electrones en una sola dirección.

Los aparatos que en su conjunto aceleran las partículas atómicas entran dentro de la categoría de *aceleradores atómicos* por lo que es frecuente que en la literatura científica también se refiera a los sincrotrones como aceleradores de partículas.

Hay una tendencia mundial a la formación de parques tecnológicos como el STFC en Inglaterra y laboratorios nacionales como Brookhaven que tienen una multitud de mega-instalaciones de investigación, entre las cuales generalmente está incluido por lo menos un sincrotrón.

Los sincrotrones son aparatos en general de grandes dimensiones, entre 300m y 3km de circunferencia; aunque se podrían construir sincrotrones de mayores dimensiones la correlación costo-beneficio no sería mejor que el obtenido con instalaciones del tamaño antes mencionado.

El costo de un sincrotrón varía de acuerdo a su tamaño, tipo de haz de luz, brillantez y calidad que se quiera producir. Actualmente el costo oscila, dependiendo de las especificaciones científicas y técnicas, entre \$500 y \$4,000 millones de dólares estadounidenses; este costo incluye la construcción de todas las líneas experimentales. En enero del 2015 entró en operación el “Taiwán Photon Source NSRRC Taiwanes”⁶ el cual requirió una inversión mucho mayor, cerca de \$7 billones de dólares americanos, debido a que utiliza una tecnología de punta que requiere una inversión financiera siete veces alta para construirlo. El presupuesto para operar y mantener un sincrotrón como el Taiwanés es entre tres y cuatro veces más alto del demandado por un sincrotrón como el que se proyecta para México, particularmente por los gastos correspondientes a la cantidad de electricidad que consume.

⁶ Website: www.nsrcc.org.tw/

4.2 ¿Para qué sirve un sincrotrón?

El sincrotrón es un súper-microscopio que puede crear imágenes con gran definición y analizar la composición química de muestras (como las biológicas) con alto grado de detalle. También puede analizar estructuras atómicas muy pequeñas, al nivel de moléculas, átomos y electrones. Por su versatilidad el sincrotrón puede ser utilizado en casi cualquier disciplina científica: antropología, arqueología, artes estéticas y visuales, genética, biológica, química, criminología, energía no renovable y renovable, nano materiales, etcétera. Es frecuente que se le compare con una máquina de Rayos X de hospital.

Ejemplo 1. Medicina: fibrosis quística

Un nuevo método de formación de imágenes de tejidos blandos podría permitir a los médicos monitorear tratamientos respiratorios de los pacientes con fibrosis quística. La técnica —que mide la refracción de un patrón de rejilla de los rayos X que pasan a través de los pulmones— ha sido probada con éxito en ratones vivos, y podría encontrar otros usos en la visualización de otros tejidos blandos, tales como el cerebro y el corazón.

<http://physicsworld.com/cws/article/news/2014/sep/12/synchrotron-x-rays-track-fluids-in-the-lungs>

Cuadro 6 Aplicación del sincrotrón en medicina

Los sincrotrones son el vínculo entre la ciencia, la tecnología y la industria. Por ejemplo, el sincrotrón Australiano ha ahorrado o generado beneficios económicos en Australia (para el gobierno, la sociedad en su conjunto o las empresas privadas) de casi 800 millones de dólares en un período de 5 años. Debido al alto grado de especialización de los estudios realizados en un sincrotrón, el uso de ellos representa, para los investigadores, una gran oportunidad de publicar en revistas científicas especializadas como *Nature*, *Scientific American*, *New Scientist*, etcétera. El número de patentes registradas por los investigadores australianos es de una por investigación realizada.

El sincrotrón se ha convertido en poco tiempo en el cordón umbilical entre el mundo científico y las industrias de tecnología de punta.

Ejemplo 2. Almacenamiento de energía: optimización de baterías de litio

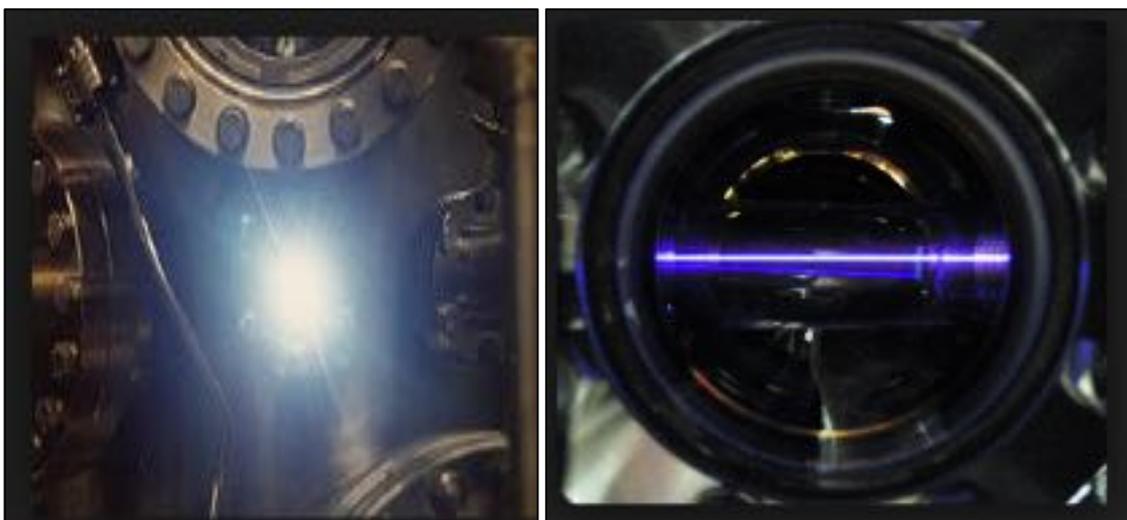
Los científicos de la Universidad de Stony Brook y el Departamento de Laboratorio Nacional de Brookhaven están utilizando técnicas de rayos X pioneras para mapear transformaciones atómicas internas de la formación de la matriz de plata altamente conductora dentro de las baterías de litio que puede conducir al diseño de baterías más eficientes.

En una prometedora batería a base de litio, la formación de una matriz de plata altamente conductiva transforma un material plagado por baja conductividad. Para optimizar estas baterías multi-metálicas para mejorar su flujo de electricidad los científicos necesitaban una manera de ver dónde, cuándo y cómo emergen estos puentes de plata a nivel nano-escala. El estudio publicado en línea el 8 de enero 2015, en la revista *Science*, muestra que con una baja velocidad de descarga temprana en la vida de la pila se crea un sistema más uniforme y una red conductora más expansiva, lo que sugiere nuevos enfoques de diseño y técnicas de optimización.

<http://www.labmanaaer.com/news/2015/01/compact-batteries-enhanced-by-spontaneous-silver-matrix->

Cuadro 7 Aplicación del sincrotrón en energía

4.3 ¿Cómo funciona un sincrotrón?



Imágen V Luz de radiación de sincrotrón

Los sincrotrones emiten haces de luz que pueden ser millones de veces más brillantes que la luz solar lo cual permite que se hagan análisis que sería imposible realizar en laboratorios convencionales. Los haces de luz que produce un sincrotrón son el

resultado de acelerar electrones a casi la velocidad de la luz, los cuales son forzados a viajar en círculo usando electroimanes muy poderosos.



Imágen VI Magneto de sincrotrón

La estructura circular que observamos en la figura guarda en su interior una cámara de vacío tubular dentro de la cual se aceleran los electrones. Los cubos rojos representan electroimanes (y otros dispositivos como wigglers⁷ y onduladores) los cuales desvían a los electrones dentro de la cámara. Cuando los electrones son desviados éstos producen un haz de luz (luz de sincrotrón) tangente al anillo. Al

final de cada haz se construyen laboratorios que tienen instrumentos de medición, análisis y sensores de acuerdo al tipo de experimento que se desea llevar a cabo. Cada laboratorio se denomina línea de experimentación. Un sincrotrón típico de tercera generación puede tener entre 10 y 50 líneas de experimentación, cada una con un haz de luz con características de salida específicas.

La inversión para cada laboratorio fluctúa entre \$5 millones y \$20 millones de dólares.

El costo de cada laboratorio varía de acuerdo al tipo de análisis que realiza, de los aparatos para analizar la información que se utilizan y de los instrumentos para medir las características y variaciones en la muestra.

⁷ El wiggler es un imán diseñado para hacer que un haz de partículas en un acelerador siga una trayectoria sinusoidal, a fin de aumentar la cantidad de radiación que producen

La luz (fotones) que produce el sincrotrón está compuesta por un amplio rango de frecuencias⁸: desde el infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X suaves hasta rayos X duros. Cada línea de experimentación es configurada para filtrar una frecuencia específica; por su parte, el tipo de experimento a realizar sobre determinada muestra requiere una frecuencia particular de acuerdo a la técnica que vaya a utilizarse. Por ejemplo, los rayos X suaves y la luz ultravioleta son más apropiados para realizar experimentos en donde haya reacciones químicas. Los rayos X duros ideales para analizar estructuras atómicas.

La luz (fotones) que produce el sincrotrón está compuesta tanto por luz visible al ojo humano como por otras, que en forma de longitud de ondas, no pueden ser vistas por el ser humano. Entre ellas están las ondas de radio, micro-ondas, luz infrarroja, ultravioleta, rayos X (suaves y duros) y rayos gamma. Todas estas longitud de ondas forman parte de lo que se conoce el mundo científico como el “espectro electromagnético”.

El óptimo funcionamiento de un sincrotrón radica en la combinación de recursos materiales: como las frecuencias de luz, aparatos, sensores y herramientas de medición; teóricos: como métodos de análisis e interpretación de resultados y humanos: como personal altamente capacitado para operar el sincrotrón e investigadores que hagan uso de este complejo tecnológico.

Esta combinación de recursos nos permitirá desarrollar nanotecnología, nuevos y mejores medicamentos, estudios de muestras biológicas, optimizar procesos industriales, análisis de materiales, análisis de reacciones químicas, sólo por mencionar algunos de los múltiples usos de los estudios realizados con luz de sincrotrón.

Los sincrotrones se clasifican, a partir de la tecnología que utilizan, en primera, segunda, tercera o cuarta generación. La mayoría de los sincrotrones en operación o bajo construcción que pueden ser usados en aplicaciones comerciales son actualmente de tercera o cuarta generación.

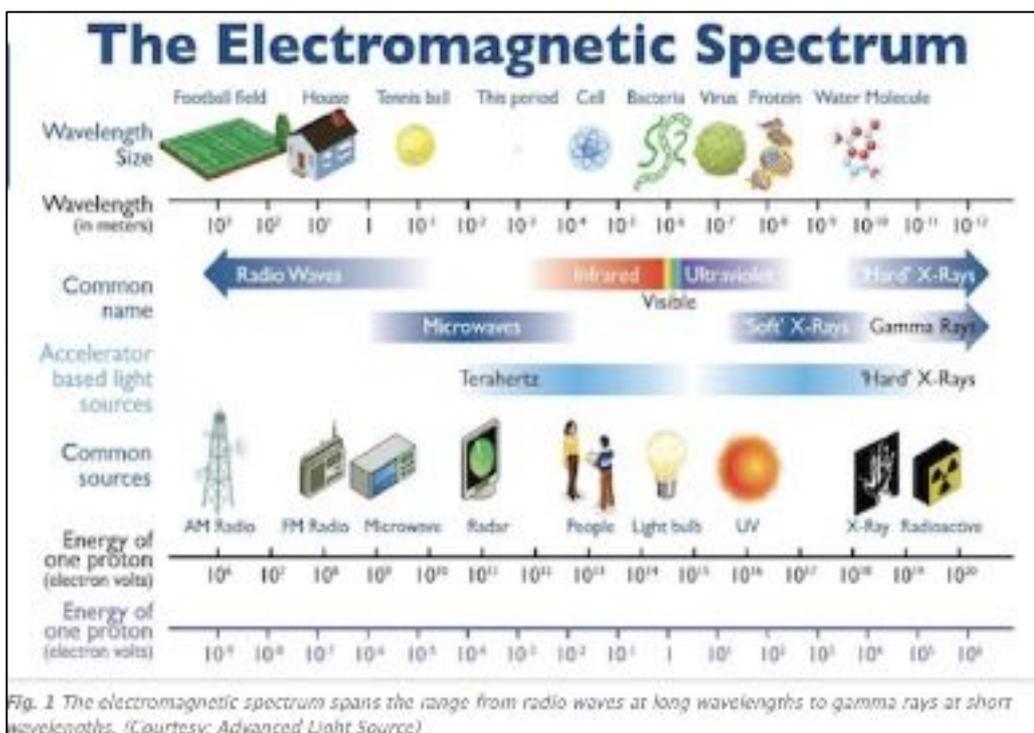


Fig. 1 The electromagnetic spectrum spans the range from radio waves at long wavelengths to gamma rays at short wavelengths. (Courtesy: Advanced Light Source)

Imágen VII Espectro electromagnético

4.3.1 Energía del haz de luz (flexibilidad experimental)

El sincrotrón mexicano podría generar un haz de luz con una energía de entre 3 y 8 Giga-electronvolts (GeV). Entre más energía tenga el sincrotrón, mayor será el tipo de experimentos que se pueden llevar a cabo en sus instalaciones. Esta característica se conoce como “flexibilidad experimental”.

En términos generales se requiere de un mínimo de 3.0 GeV para poder conducir una variedad de experimentos en un escenario multidisciplinario. Por ejemplo, el sincrotrón brasileño en construcción, Sirius, será de tercera generación y tendrá 3.0 GeV de energía. La cuarta generación de fuentes de luz es conocida como FELS, laser de

electrones libres por sus siglas en inglés. Es un tipo de laser que usa electrones que se mueven libremente a una gran velocidad a través de una estructura magnética. La calidad de luz que se produce en los FELS es muy superior a los aparatos de tercera generación, tiene aplicaciones prácticas en medicina, biología y para usos militares. Sin embargo, su costo de construcción es mucho mayor que el de los aparatos de tercera generación y su consumo de energía es casi del doble.

4.3.2 Rango de longitudes de onda

La longitud de onda del haz determina el tipo de ciencia que se puede desarrollar: reacciones químicas, estructuras atómicas y electrónicas, etcétera.

La longitud de la onda se mide por la distancia que hay de cresta a cresta de la onda. Los sincrotrones producen ondas con una longitud de onda desde 10^{-4} (infrarrojos) hasta 10^{-12} (rayos X duros). En la figura 2 se observan las longitudes de onda antes mencionadas.

PARÁMETROS	ANILLOS DE ALMACENAMIENTO TERCERA GENERACIÓN	X-RAY FEL CUARTA GENERACIÓN
Rango de longitudes de onda		
Brillantez máxima (ph/s/mr ² /mm ² /0.1%BW)	10^{22} - 10^{24}	10^{31} - 10^{33} (10^9 de veces más alta que SR)
Promedio de brillantez (ph/s/mr ² /mm ² /0.1%BW)	10^{19} - 10^{21}	10^{20} - 10^{22}
Ancura mínima de los pulsos	~10,000	~5
Número de rayos de luz	Largas (~30-60)	Limitado (6 estaciones finales por ondulator)

Cuadro 8 Longitudes de onda

4.3.3 Emisión del rayo de Luz

En una fuente de luz de sincrotrón una baja emisión del rayo de luz significa que los rayos X producidos serán pequeños y esto resultaría en una mayor brillantez. La

brillantez permite más precisión en los resultados. Las emisiones se miden en nanómetros (nm). Valores en la emisión de rayos de luz de igual o menos de 6 nm son considerados como suficientemente buenos para conducir una gran gama de experimentos. Por ejemplo, el sincrotrón Brasileño, Sirius, tendrá emisiones muy pequeñas de solo .28nm lo que representa un gran avance tecnológico en este renglón, en particular de un sincrotrón de tercera generación.

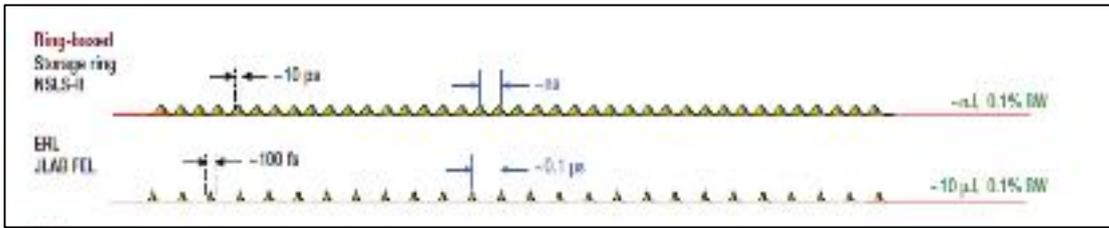
4.3.4 Tamaño del haz de luz

Entre más pequeño es el tamaño del haz de luz, éste permite obtener con mayor precisión características e información de la muestra. Si el haz de luz es muy grande con relación a la muestra, los resultados obtenidos serán muy difusos ya que corresponderán a la muestra en su totalidad; en lugar de corresponder al área de la muestra que queremos estudiar.

4.3.5 Pulso del haz de luz

Un sincrotrón que tenga la posibilidad de generar pulsos de haz de luz cortos genera información de mejor calidad.

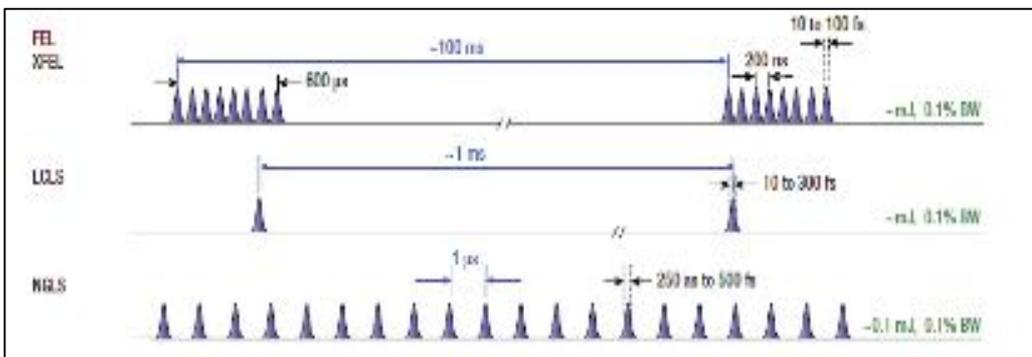
Un pulso menor permite adquirir información de la muestra con mayor rapidez y mucho antes de que el propio haz de luz llegue a afectar a la misma muestra. En general, el haz de luz termina “quemando” la muestra estudiada. Si el haz de luz tiene pulsos muy largos se puede llegar a obtener información incorrecta que capture



Gráfica 2 Longitudes de pulsos de haces de luz generados por sincrotrones de segunda y tercera generación

información de la muestra antes, durante y después del experimento. Parte de esta información podría corresponder a una muestra que ya fue modificada por el propio haz de luz; como consecuencia, la información de los resultados correspondería a la de la muestra que fue quemada y no a la que se deseaba estudiar.

Los sincrotrones de cuarta generación generan pulsos de haz de luz muy cortos; por lo que permiten analizar muestras delicadas, muy susceptibles a ser quemadas por el haz de luz, como las moléculas, las células y las proteínas.



Gráfica 3 Longitudes de pulsos de haces de luz generados por sincrotrones de cuarta generación

4.3.6 Coherencia

El estado natural del haz de luz es el de dispersarse, un sincrotrón trata de minimizar esta dispersión para mantener un estado de coherencia en la luz emitida. El mejor haz de luz es el que está concentrado, implica mayor pureza (mayor brillantez) y se pierde menos energía en este proceso. La coherencia permite el uso de técnicas que posibilitan mayor resolución en las imágenes obtenidas. Para mantener la coherencia es fundamental evitar problemas como los ocasionados por las vibraciones en los

cimientos del edificio que hospeda el sincrotrón, ya que estas vibraciones crean inestabilidad e interfieren con la calidad de transmisión del haz de luz; provocando que se pierda “coherencia” en su flujo.

4.3.7 Inyección de electrones (estabilidad para mantener coherencia)

Es indispensable mantener flujo constante de electrones en el anillo de acumulación, ya que las más mínimas variaciones en el flujo de electrones en el sincrotrón hacen que se pierda la calidad del haz de luz. Los altibajos en el suministro de electrones acelerados afectan la consistencia del haz. Aunque la pérdida de electrones es muy pequeña, las consecuencias son enormes, ya que al perderse la calidad en la emisión del haz de luz se impactan directamente en los resultados del experimento. Para evitar este problema, se requiere que se mida constantemente la pérdida de electrones y se remplacen las partículas perdidas.

4.3.8 Número de haces de luz

Aunque los sincrotrones de tercera generación (circulares) son menos potentes que los de cuarta generación (FELS); pueden tener un mayor número de líneas y por ende más laboratorios para realizar experimentos. Estas salidas de luz varían en número entre 15 y 50. Los FELS están actualmente limitados a realizar uno o dos experimentos simultáneamente, aunque en el futuro usando soluciones innovativas, podrían llegar a tener 6 líneas de experimentación, los experimentos que se realizaran no serían simultáneos sino en tándem.

5. Tendencia actual en la construcción de sincrotrones en el mundo

A nivel mundial, no solo se están construyendo más y mejores sincrotrones sino se está haciendo a un paso más acelerado. Antes de 1995 había 15 sincrotrones en operación en

el mundo, en su mayoría eran de primera y segunda generación. De 1996 al 2019 entraron, o van a entrar, en operación otros 42. La mayoría son de tercera generación.



Gráfica 4 Sincrotrones en operación

Período	No. sincrotrones en operación
1960-1979	4
1980-1999	26
2000-2019	27
Total	57

Cuadro 9 Número de sincrotrones en operación

El sincrotrón ha demostrado ser un instrumento catalizador de la investigación en ciencias aplicadas en un medio multidisciplinario; así mismo impulsa la relación entre la investigación académica y la industria.

Un país que no tenga un sincrotrón y acceso de tiempo completo en el extranjero a líneas de experimentación para la capacitación de recursos humanos que puedan mantenerlo y operarlo tiene pocas probabilidades de desarrollar una comunidad de usuarios más sofisticada y de carácter multidisciplinario.

6. Alternativas a la construcción de un sincrotrón

En este capítulo evaluaremos una serie de opciones a la construcción de un sincrotrón típico de tercera generación. La fuerte inversión que requiere un sincrotrón demanda un análisis cuidadoso de estas opciones para identificar, en la medida de las posibilidades, una que pudiese ofrecer resultados similares con un nivel de inversión y tiempos de construcción menores de los que requiere un sincrotrón de tercera generación, entre ellas a) Las alternativas tecnológicas: incluyendo la construcción o compra de un aparato comparable al sincrotrón que sea más económico y b) El uso de otros sincrotrones en existencia utilizando mecanismos de cooperación y colaboración científica internacional para satisfacer la necesidad de investigación actuales y futuras de los científicos mexicanos.

6.1 Alternativas tecnológicas

En mayo del 2010 se llevaron a cabo una serie de mesas de trabajo para explorar las opciones tecnológicas más prometedoras que pudiesen substituir a un sincrotrón estándar de tercera o cuarta generación; el resultado de estas mesas fue el reporte *Basic Energy Sciences Workshop on Compact Light Sources*. Los organizadores de este evento fueron William A. Barletta (MIT/UCLA/USPAS) y Michael Borland (ANL); ambos científicos gozan de una amplia reputación mundial en el campo de tecnologías de altas energías.

En este reporte se evaluaron varias opciones. La conclusión principal del estudio fue que:

“Las fuentes de luz compactas no son un sustituto para un sincrotrón de grandes dimensiones o de fuentes de luz FEL, las cuales incorporan típicamente otras facilidades para la investigación que son muy extensas. Las fuentes compactas ofrecen capacidades complementarias a una fracción del costo y del tamaño de otras instalaciones similares

disponibles para los usuarios. En un futuro no lejano podrían ofrecer, inclusive, un nuevo paradigma para usuarios de instalaciones sincrotrón estándar”⁹.

En este apartado exploramos con más a detalle cada una de estas opciones. Es importante mencionar que no son las únicas, la ciencia en el campo de altas energías es dinámica y todos los días aparecen diferentes propuestas y soluciones. Las opciones evaluadas se concentraron en las tecnologías más prometedoras. La información que presentamos en esta sección es una síntesis de los aspectos más importantes del reporte *Basic Energy Sciences Workshop on Compact Light Sources*.

6.1.2 Opción tecnológica: Fuentes inversas Compton (Inverse Compton Sources)

El estudio concluyó que el flujo y la brillantez de la luz producida por esta tecnología tiene 12 órdenes de magnitud por debajo de un sincrotrón de tercera generación. Aunque se podría aumentar ligeramente su flujo y brillantez todavía estas estarían por debajo de la calidad de un anillo de almacenamiento de grandes dimensiones. Esta opción fue evaluada por Cris Barnes, Ilan Ben-Zvi, Michael Borland, Anne-Sophie Chauchat, Jean Delayen, Eric E. Esarey, William S. Graves, Tso Yee Fan, Geoffrey Krafft, David Moncton, George R. Neil, Gerd Priebe, Ronald D. Ruth, Kazuyuki Sakaue, William White, Junji Urakawa

6.1.3 Opción tecnológica: Generación de armónicos de alta frecuencia (High Harmonic Generation, HHG)

Aunque las fuentes HHG (puntos a,b,c,d,e) son más accesibles y de menor costo en relación a la construcción de un sincrotrón típico, estas tecnologías no están lo suficientemente desarrolladas todavía. Estas fuentes requieren de más inversión de

⁹ Barletta, W., Borland, M. eds (2010). *Basic Energy Sciences Workshop on Compact Light Sources*, May 11-12, 2010 – Rockville Hilton, Rockville, MD

desarrollo enfocándose en la creación de instalaciones de media escala. Estas investigaciones de desarrollo requieren de un programa coordinado que acelere el desarrollo tecnológico de este tipo de fuentes de luz para resolver los problemas específicos que surgan durante las pruebas de funcionamiento.

Estas tecnologías dependen del avance futuro en tecnología láser y constituyen un complemento ideal del sincrotrón. El estado actual de desarrollo de las HHG no son una opción viable que pudiese substituir en el mediano plazo (12 y 15 años) a un sincrotrón de tercera generación. Los expertos que evaluaron estas opciones tecnológicas fueron: Margaret Murnane, Todd Ditmire, Franz Kaertner, Henry Kapteyn, Roger Falcone, Lou DiMauro, George Rodríguez

a) Espectroscopias de fotoelectrones con resolución angular (Angle-Resolved Photoelectron Spectroscopies, ARPES)

Esta técnica está considerada como la líder en su tipo, es particularmente útil para estudiar la estructura electrónica de los sólidos.

b) Rayos X nano magnéticos ultra-rápidos (Ultrafast X-Ray Nanomagnetism)

Son de interés fundamental para entender sistemas correlacionados y espirotrónicos. Son muy relevantes para el desarrollo de tecnología de almacenamiento de la información en sistemas computacionales.

c) Transporte de energía en nano escalas

Es una técnica muy eficiente para medir el transporte de calor en nano estructuras

d) Elementos específicos para imágenes a nano escala

La microscopia de rayos X es un instrumento medular para la nano ciencia, es capaz de crear imágenes de objetos muy pequeños penetrando muestras gruesas con una

especificación elemental y química de tal forma que se puede evitar el danar o destruir la muestra observada.

f) Dinámica atómica y molecular ultra-rápida: de femtosegundos a attosegundos (Ultrafast Femtosecond-to-Attosecond Atomic and Molecular Dynamics)

Esta técnica puede capturar la dinámica electrónica a altas velocidades en moléculas y materiales.

6.1.4 Opción tecnológica: fuentes de plasma

Los rayos X suaves producidos por láseres basados en plasma son generados por artefactos compactos que caben en un pequeño laboratorio. Son instrumentos de bajo costo y requieren de poco personal para ser operados. Si bien, la máxima brillantez del espectro de plasma con rayos X laser excede en 5 órdenes de magnitud la de un sincrotrón de tercera generación y está e4 órdenes de magnitud por debajo de los FELS, su rango de flexibilidad experimental para ser usado en áreas multidisciplinarias es limitada. Evaluada por: Jorge Rocca, Christoph Rose-Petruck, Nathaniel Fisch, Howard Milchberg, Max Zolotarev

- a) Láseres compactos de rayos X suaves basados en plasma (Plasma-Based Tabletop Soft X-ray Lasers) Son artefactos con características únicas que los hacen complementarios a los sincrotrones FELS y a las técnicas HHG.

6.1.5 Opción tecnológica: Fuentes basadas en aceleración por plasma (Plasma-Based Accelerator Sources)

Tanto las fuentes basadas en aceleración por estela de plasma (Plasma Wakefield Acceleration PWFA) como los láseres de electrones libres basados en aceleración por plasma (Laser Plasma Accelerator (LPA)- Driven Free-Electron Lasers)

aún requieren de más investigación para que evolucionen en métodos que sean útiles para generar haces para fuentes de luz y aceleradores de alta energía. Evaluada por Carl Schroeder, Mark Hogan, Wim Leemans, Victor Malka, Warren Mori.

6.1.6 Opción tecnológica: Anillos de almacenamiento compactos (CLS)

Estas técnicas fueron evaluadas por J. Bisognano, L. Emery, J. Murphy, C. Steier.

a) Anillos de almacenamiento de tercera y cuarta generación

Los anillos de almacenamiento de grandes dimensiones (sincrotrones de tercera generación) tienen muchas características deseables por los investigadores; aunque esta tecnología es más alta, el costo se reduce substancialmente al ser dividido entre el número de haces de luz en operación. Algunos anillos de almacenamiento pueden tener más de 60 salidas de luz.

La inversión requerida para este tipo de sincrotrones oscilan entre cien y mil millones de dólares; por su parte, los costos de operación varían entre treinta y ciento veinte millones de dólares, dependiendo del número de haces de luz disponibles para conducir experimentos. La regla general es que los costos anuales de operación representan el 10% del costo total del sincrotrón. El costo promedio de construcción por haz de luz oscila entre cinco y veinte millones de dólares; y el costo por año por operación entre uno y dos millones de dólares. El número de usuarios va de mil y cinco mil usuarios por haz de luz. El costo estimado por experimento es entre \$20,000 y \$30,000 dólares.

b) Anillos de almacenamiento compactos (CLS)

No hay ningún anillo de almacenamiento compacto en operación en estos momentos. Antes de que los artefactos de inserción fueran usados (wigglers y onduladores), los

anillos con dipolos como fuentes únicas eran llamados fuentes de segunda generación. Con la tecnología actual (dipolos superconductores como el Superbend de 5T del ALS) se podría construir un anillo de almacenamiento de solo 60 metros de circunferencia con una brillantez adecuada para los rayos de magneto dipolar. Aunque los CLS no utilicen artefactos de inserción, estas fuentes optimizadas podrían ser llamadas de tercera generación.

Estos anillos de almacenamiento no existen representan una alternativa posible en el mediano plazo en comparación con otros tipos de fuentes compactas de alta energía.

c) Fuentes de luz del tamaño de un laboratorio

En un futuro, las maquinas que le seguirán a los FELS combinaran las características de las tres generaciones de fuentes de alta energía: tamaño reducido, e-rayos relativistas y emisiones coherentes. Los avances en nanotecnología permitirán construir fuentes de rayos X del tamaño de un laboratorio universitario. Esta tecnología todavía está a más de una década de convertirse en una realidad.



Imágen VIII Fuentes de luz sincrotrón de tamaño de laboratorio

6.2 Alternativas tecnológicas más competitivas

Con base en la información del *Basic Energy Sciences Workshop on Compact Light Sources* las dos opciones con mayor viabilidad son los anillos de almacenamiento compactos y las fuentes de luz del tamaño de un laboratorio. En esta sección presentamos una síntesis del estado actual de estas dos tecnologías.

a) Anillos de almacenamiento compactos (CLS)

Tomando como referencia el conocimiento actual se estima que no habría desafíos técnicos para el diseño y la construcción de los CLS, los cuales podrían tener de 10 a 60 líneas de experimentación en una circunferencia de tan sólo 60 metros.

Ventajas

Alto flujo, brillantez moderada, muchos haces de luz, costo razonable por haz de luz, alta estabilidad, si se desea podría generar rayos circulares (con menor brillantez). La alineación con el electrón sería relativamente fácil ya que no hay colisiones en el proceso.

Desventajas

Este equipo es de menor tamaño, pero no es un “laboratorio de mantel de mesa”, aunque podrían tener un costo moderado su potencial es limitado para generar pulsos cortos (i.e. excluye la posibilidad de ser efectivo para un gran número de experimentos biológicos). Tendría que ser ubicado en una zona o región con múltiples instituciones de investigación para compartir costos de operación y mantenimiento.

b) Fuentes de Luz de las dimensiones de un laboratorio (FLL)

Las fuentes de luz del tamaño de un laboratorio serían aún más pequeñas que los CLS (cabrían en un espacio de 8m x 8m). Estas fuentes podrían generar un haz de luz a un costo entre diez y quince millones de dólares (excluyendo el costo del laboratorio que se construya para aprovechar la salida de luz). Su precio unitario sólo se compararía al de un sincrotrón con 38 salidas de luz; la calidad del haz sería menor que la obtenida por un sincrotrón de tercera generación. Esta tecnología, que podría arrojar frutos en una década, será de una gran utilidad para universidades, centros de investigación e industrias grandes, que por razones pedagógicas o comerciales deseen llevar a cabo sus propios experimentos *in situ* sin tener que utilizar o invertir en un sincrotrón de grandes dimensiones.

6.3 Predicciones

Las siguientes predicciones fueron elaboradas por el Dr. David E. Moncton¹⁰ en la conferencia sobre las nuevas generaciones de fuentes de luz llevada a cabo el 5 de Marzo del 2012. El Dr. Moncton está convencido del futuro de los CLS y de los FLL (que podrían llegar a considerarse como sincrotrones de quinta generación).

Aunque Moncton concluye que por el momento no hay un complejo CLS o FLL con características de resultado comparables a un sincrotrón de gran tamaño (referidos como un sincrotrón de quinta generación):

¹⁰ Moncton, D.E (2012). *Will Size Define a New Generation of Light Sources?* Future Light Sources Conference, JLab, March 5, 2012.

- Dentro de una década las fuentes de luz compactas costaran menos de \$10 millones de dólares y ofrecerán los mismos niveles de calidad de resultados que el NSLS del nivel 1 (sincrotrones de segunda generación) en cuanto a las propiedades de los rayos X generados.
- Dentro de dos décadas las fuentes compactas de alta energía generarán emisiones coherentes que revolucionarán los aparatos de dimensiones comparables a un laboratorio universitario.

Las instalaciones científicas más grandes (sincrotrones de tercera generación) se mantendrán, por lo pronto, como las fuentes generadoras de alta energía más ponderosas, simplemente por cuestiones de la física de radiación electromagnética proveniente de partículas cargadas energéticamente.

La ciencia más creativa se originará —muy probablemente— de las fuentes de luz generadas en laboratorios medianos, como lo son los láseres de hoy como lo fueron las fuentes de rayos X a principios del siglo XX.

6.4 Estatus Quo: Uso de sincrotrones en existencia utilizando mecanismos de cooperación y colaboración científica internacional para satisfacer las necesidades de investigación actuales y futuras de los científicos mexicanos

En esta sección analizamos las diferentes posibilidades que tienen los científicos mexicanos para tener acceso al tiempo sincrotrón para satisfacer sus necesidades de investigación, analizamos si es posible continuar en el futuro con este único método de trabajo.

Los 146 usuarios mexicanos de la comunidad de sincrotrones (CMU) viajan, en su mayoría, a los Estados Unidos para realiza sus experimentos. Estos traslados

dependen de la capacidad individual de los investigadores para conseguir los fondos financieros necesarios para viajar al extranjero. Esta forma de trabajo ha sido una opción que ha funcionado razonablemente bien en países como México, que tienen muy pocos investigadores utilizando la radiación de sincrotrón. Actualmente ningún miembro de la comunidad de usuarios de sincrotrón en México (CMU) proviene de la Industria privada.

El proceso que la mayoría de los investigadores siguen para acceder al tiempo sincrotrón es el siguiente:

1. El investigador determina el experimento que quiere realizar.
2. El investigador identifica si hay algún grupo internacional que esté llevando a cabo experimentos en el campo deseado.
3. Si existe un grupo realizando este tipo de experimentos solicita participar en él, si no, continúa el proceso de manera individual (pasos 4 al 12).
4. Selección de las técnicas de análisis a utilizar.
5. Identifica y selecciona las líneas de experimentación.
6. Determina cuáles son los sincrotrones que tienen líneas de experimentación, equipo y sensores necesarios para la investigación.
7. Solicita el tiempo sincrotrón, a partir de las convocatorias publicadas por los sincrotrones. La mayoría de estos complejos de investigación publican dos convocatorias al año.
8. Los sincrotrones reciben las solicitudes, las registran y envían las propuestas a un comité colegiado que las evalúa de acuerdo a una serie de criterios científicos. Por ejemplo el sincrotrón español Alba solicita la siguiente información:

“ Presentar un sumario de 300 palabras en donde se describa el experimento propuesto que contenga la siguiente información:

- Antecedentes
- Objetivos
- Si es posible, las métricas para demostrar que el experimento es factible en las instalaciones del sincrotrón
- Resultados esperados
- Justificación para usar el haz de luz
- Referencias académicas”

9. Es un requisito generalizado para los postulantes es que las propuestas de investigación aceptadas publiquen los resultados de los experimentos en revistas académicas.

10. El comité colegial jerarquiza las propuestas con base en el mérito. Algunos sincrotrones destinan un porcentaje del tiempo disponible para usos comerciales; por ejemplo, el sincrotrón Australiano reserva el 20% del tiempo sincrotrón para uso de actividades comerciales que no pasan por un proceso de selección de mérito científico. Este tipo de investigaciones requieren el pago por el tiempo de sincrotrón usado.

11. El sincrotrón anuncia públicamente las propuestas que tuvieron éxito y produce un calendario de actividades por proyecto.

12. En algunos casos los sincrotrones apoyan financieramente a los investigadores cuyas propuestas resultaron seleccionadas (LNLS y el Sincrotrón Australiano).

Este proceso puede tener una serie de variaciones:

- a) La investigación típica que se realiza en un sincrotrón está formada por un equipo científico de tres o cuatro personas. El científico mexicano puede unirse a un equipo de investigación (formado en su mayoría por otros extranjeros) en el último minuto.
- b) Los científicos y técnicos que trabajan en los sincrotrones gozan del privilegio de tener una cuota de tiempo sincrotrón para realizar sus propias investigaciones. Esto les permite asociarse con otros investigadores internacionales que desean desarrollar investigaciones afines y tienen más espacio de maniobra con respecto al acceso al tiempo sincrotrón.
- c) Hay científicos que mediante acuerdos de colaboración científica específicos pueden tener acceso más libre al tiempo sincrotrón. Este tipo de arreglos no son muy comunes.

Estas opciones tienen sus limitantes:

- a) *Gran competencia.* La mayoría de los sincrotrones tienen una demanda que rebasa, en promedio, 40% la capacidad de tiempo disponible; por ejemplo el Alba, LNLS y el Australiano.

Sincrotrón	Sobredemanda de servicios en relación a la oferta- 2014 (promedio de todas las líneas de experimentación)	¿Algún usuario mexicano ha usado estas instalaciones?
Alba	150% mayor	No
LNLS	40% mayor	No
Australiano	180% mayor	No
SESAME	N/A	N/A

Cuadro 10 Sobredemanda de servicios líneas de experimentación sincrotrón

- b) *Acceso limitado para extranjeros.* En los sincrotrones estudiados solo entre el 15% y el 20% de sus investigaciones son realizadas por usuarios extranjeros; con excepción del SESAME que fue construido para atender las necesidades de toda la región.

Sincrotrón	Usuarios provenientes del extranjero (2013)	País principal de procedencia
Alba	17%	Francia, Italia
LNLS	18%	Argentina
Australiano	15%	Nueva Zelandia
SESAME	90%	Medio oriente

Cuadro 11 Procedencia de usuarios sincrotrón

- c) *Privilegio a usuarios nacionales.* Los sincrotrones, de manera natural, tienden a favorecer la selección de investigadores nacionales.
- d) *Conocimiento sobre el sincrotrón como ventaja competitiva.* Los científicos que tienen un mayor conocimiento sobre la operación de un sincrotrón, del uso de una técnica determinada, del uso o adaptación de sensores y de análisis de resultados tienen una ventaja competitiva sobre otros investigadores que no tienen este conocimiento. Estos saberes se reflejan en la propuesta de investigación e incrementan las probabilidades de que sean aprobadas.
- e) *Calidad de la investigación:* El tiempo sincrotrón disponible es distinto en cada línea de experimentación. Por ejemplo, hay líneas que tienen equipos y sensores que permiten análisis muy sofisticados de muestras biológicas muy delicadas. Otros laboratorios tienen una mayor flexibilidad en el tipo de experimentos que pueden conducir; pero, su nivel de sofisticación es menor.
- f) *Variación en la demanda.* Las características anteriores generan variación en la demanda; por consiguiente, el proceso de selección de las propuestas se torna más riguroso en las líneas de experimentación más solicitadas.

Sincrotrón	Líneas de experimentación con más demanda	Generación de sincrotrón
Alba	Línea BL13-XALOC- Cristalografía macromolecular Línea BL04-MSPD- Ciencia de materiales y difracción de polvo BL22-CLÆSS- Absorción de nivel básico y emisión de espectroscopias	3ra generación
LNLS	Línea SAXS1/2 Angulo pequeño de dispersion de Rayos X. Línea XAFS1XAFS2 Espectroscopia de absorción y fluorescente de Rayos X	2nda generación
Australiano	Línea IMBL, imágenes y medica Línea PD difracción de polvo, Línea SAXS angulo pequeño de dispersión de Rayos X. Línea SXR espectroscopia de rayos X suaves Línea XFM micro-espectroscopia fluorescente	3ra generación

Cuadro 12 Líneas de experimentación con mayor demanda

- h) *líneas con mayor demanda*: Las líneas de experimentación que en los últimos cinco años han tenido mayor demanda, y en consecuencia un mayor crecimiento, son las que se utilizan para el análisis de muestras biológicas, para evaluar el desempeño de medicinas, energía (petróleo y gas).

Sincrotrón	Disciplinas	Generación del sincrotrón
Alba	Biología (cristalografía macromolecular 39%), y ciencias de estructura de materiales (25%)	3ra generación
LNLS	Química (reacciones catalíticas), ciencias puras (superconductividad/magnetismo) y física	2da generación
Australiano	Ciencias químicas (29.8%), Biología (18.2%), Ingeniería (10.1%), Ciencias físicas y matemáticas (10%), Ciencias de la tierra y recursos minerales (7.5%) Medicina y ciencias de la salud (6.6%)	3ra generación

Cuadro 13 Disciplinas que usan el sincrotrón

k) Participación de la industria privada. La participación de la industria privada todavía es reducida. La falta de conocimiento sobre el sincrotrón y temas relacionados a la propiedad intelectual son dos aspectos que han limitado la participación del sector privado. Por ejemplo, las industrias privadas tienden a proteger su propiedad intelectual con más recelo que las instituciones académicas; estas últimas buscan publicar los resultados de sus investigaciones en las revistas académicas de mayor prestigio y con una mayor audiencia. En contraparte, muchas empresas privadas evalúan como una actividad de alto riesgo realizar experimentos en un instrumento en donde no controlan la técnica de análisis, la producción, análisis y almacenamiento de resultados. No obstante estas condiciones, sincrotrones como el australiano han logrado romper esta barrera a través de estrategias efectivas de conexión con la industria. La participación directa e indirecta de la industria australiana representó el 19% de los proyectos de investigación realizados en el 2014.

7. Perfil actual de los usuarios del sincrotrón

El perfil de los usuarios de sincrotrones se ha transformado en los últimos 25 años de tres maneras diferentes:

- *Ciencia básica vs ciencia aplicada.* En los años 1990, la mayoría de los investigadores realizó experimentos clasificados en la categoría de ciencias básicas; actualmente los experimentos clasificados en la categoría de ciencias aplicadas (en los se utilizan sincrotrones de tercera generación) han tomado la delantera.

Sincrotrón	Ciencias básicas	Ciencias aplicadas
Alba	20%	80%
LNLS	30%	70%
Australiano	15%	85%

Cuadro 14 Categoría de investigaciones llevadas a cabo en el sincrotrón

i) *Dominio de dos disciplinas.* En los años 1990 la mayoría de los investigadores provenía de las áreas física o química. Actualmente, los sincrotrones son utilizados por científicos de una gran variedad de disciplinas en donde predominan la biología, la medicina, la farmacología, la energía, etcétera; gracias a la diversificación y aumento de los usuarios de la luz de sincrotrón los interesados en realizar investigación de punta con esta tecnología no se ciñen más a la física y a la química básicas.

j) *Usuarios industriales.* La diversificación de disciplinas ha integrado a la industria dentro de los usuarios de sincrotrones. Desde principios de los años dos mil el número de investigaciones vinculadas a usos industriales se ha multiplicado continuamente; actualmente más de 2 mil compañías utilizan la luz de sincrotrón para realizar experimentos que les permiten optimizar sus procesos y productos, impactando fuertemente en la innovación y competitividad en cada una de sus áreas.

7.1 Perfil actual de la comunidad mexicana de usuarios de sincrotrón (CMU)

Tomando como referencia la información analizada en párrafos anteriores podemos concluir que el perfil de la CMU tiene potencial para desarrollarse ampliamente, Actualmente se caracteriza por que la mayoría de los usuarios pertenecen a dos disciplinas: la física y la química y en su mayoría conducen experimentos de ciencia

básica. Aún es una tarea pendiente integrar a la industria nacional a la comunidad de usuarios de luz de sincrotrón.

Sincrotrón	No. de usuarios del sincrotrón antes de construir su acelerador	No. de usuarios anuales después de construir el acelerador	No. total de usuarios después de construir el sincrotrón (2014)	No. de usuarios en su respectiva asociación nacional (registrados)
Alba	25-30	1000	4000	800
LNLS	5-10	1200	5000	1000
Australiano	15-20	1594	4370	4370
SESAME	250 (2013)	1000 (estimado)	1000 (estimado)	250

Cuadro 15 Crecimiento de usuarios de sincrotrón

Como observamos, la tendencia mundial es transformar el perfil de usuarios para que provengan mayoritariamente de áreas multidisciplinarias y se genere con ello un balance entre la ciencia pura y la aplicada.

Conclusiones

El *estatus quo* para acceder al tiempo sincrotrón es claramente insuficiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras de investigación una comunidad multidisciplinaria de usuarios mexicanos de sincrotrón. Si México quiere convertirse en una potencia mundial en materia de ciencia, tecnología e innovación en un contexto multidisciplinario no debe limitarse a subsanar la demanda actual en dos áreas del conocimiento. Ningún País extranjero que cuente con un sincrotrón tiene la capacidad (y el deseo) de permitir que miles de investigadores mexicanos utilicen sus instalaciones todos los años. Para llegar al nivel que otros países han logrado es necesario cumplir con los siguientes objetivos:

- Transformar el perfil de los usuarios para incluir a investigadores de múltiples disciplinas.
- Difundir la amplia gama de investigaciones que se pueden realizar en un sincrotrón para que se diversifiquen los usuarios y exista balance entre las investigaciones de ciencia pura y las de ciencia aplicada.
- Ampliar exponencialmente la base de usuarios del sincrotrón para incrementarla de los 146 que existen actualmente a 5,000 usuarios. Estos nuevos usuarios saldrían de entre los 65,000 (42,000 en Industria privada y para-estatal mas 23,000 en el SIN) personas haciendo ciencia, tecnología e innovación en México en centros de investigación públicos y privada del país.
- Incentivar a los mejores investigadores del país (Sistema Nacional de Investigadores) para que se incorporen a hacer ciencia usando la radiación de sincrotrón.
- Establecer vínculos organizativos entre la academia y el sincrotrón a través de estudios de posgrado y estancias de investigación académica. Es imperante hacer una revisión y modificación de los programas de estudio en todas las disciplinas de la ciencia para incorporar asignaturas optativas relacionadas con el uso y las aplicaciones de la radiación de sincrotrón; establecer mecanismos de colaboración entre las instituciones académicas y las instalaciones de luz de sincrotrón para coadyuvar el uso de las mismas por parte de los estudiantes.
- Integrar el proceso de innovación e investigación a partir de la luz de sincrotrón a la industria privada.

Estos objetivos no pueden ser logrados si mantenemos como única opción proporcionar los medios para que los científicos mexicanos viajen al extranjero. Tampoco podemos avanzar en materia de ciencia aplicada si nuestros investigadores en

estas áreas continúan ajenos a las posibilidades de investigación y desarrollo relacionadas con la luz de sincrotrón. Sin duda alguna, el perfil de usuarios mexicanos debe diversificarse.

Los 23 países que tienen sincrotrones en operación lo han logrado valiéndose del uso del sincrotrón en sí mismo. Para lograr un desarrollo semejante, en este aspecto, se requiere la construcción de un sincrotrón en México y de por lo menos dos líneas de experimentación en sincrotrones extranjeros que permitan la capacitación de los operadores y los usuarios del futuro.

El sincrotrón Mexicano es un instrumento nacional primordial para el desarrollo de la investigación e innovación tecnológica y científica del país, beneficiará a la sociedad mexicana en su y a su vez permitiría que otros científicos de América Latina pudiesen usarlo en beneficio de sus propias sociedades. Esta colaboración no solo tendría frutos científicos y tecnológicos, sino también ganancias diplomáticas y sociales de gran importancia.

8. Capacidad actual de la comunidad científica mexicana para diseñar y construir un sincrotrón

Para determinar la capacidad de la comunidad científica mexicana para el diseño y construcción de un sincrotrón se siguieron tres parámetros: primero, se valoró la experiencia de los científicos mexicanos en el área de aceleradores; segundo, se consideró la capacidad actual y potencial para el uso de una instalación como el sincrotrón y tercero, se examinó la experiencia de los científicos mexicanos en el área de investigación multidisciplinaria utilizando la radiación de luz de sincrotrón.

8.1 Experiencia de los científicos mexicanos en el área de aceleradores

En febrero del 2012, tres Instituciones académicas mexicanas: la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, el CINVESTAV-IPN y el IPN presentaron una propuesta, como parte de la Redes Temáticas de Conacyt, para la construcción de la primera fase: Inyector LINAC Línea de luz sincrotrón para México¹¹. En este apartado presentamos una cronología de los antecedentes de los aceleradores en México que estaba incluida en esta propuesta y le sumamos información procedentes de otras fuentes.

Esta reseña demuestra que México, con la ayuda de la comunidad de sincrotrones, tiene la capacidad científica y tecnológica para administrar y llevar a cabo con éxito un proyecto de esta naturaleza. Hay otras fuentes informativas que apuntan a la misma conclusión. En el 2004, María de la Paz Ramos Lara, editó una publicación en donde se reseña detalladamente la experiencia mexicana en este campo: *Experiencia mexicana en aceleradores de partículas*¹².



Imágen IX Portada del libro: Experiencia Mexicana en Aceleradores de Partículas

¹¹ Contreras Nuño, Guillermo, et. al. *Fuente de Luz sincrotrón 1ª fase: Inyector LINAC Línea de luz sincrotrón para México*. Redes Temáticas CONACYT de Investigación Red de Física de Altas Energías, Febrero 2012, México D. F.

¹² Ramos Lara, M. y María de la Paz, (2004), *Experiencia mexicana en aceleradores de partículas*. Colección Ciencia y Tecnología en la Historia de México. Coedición CEIICH-UNAM/Siglo XXI Editores.

8.1.1 Cronología de los aceleradores en México¹³

Año	Uso de aceleradores en México
1942	El Dr. Manuel Cerrillo inició el desarrollo del Transformador Gemelo Tesla, en el Instituto Politécnico Nacional (IPN); fue el inicio en México de la investigación basada en el uso de aceleración de partículas cargadas.
1948	El Dr. Manuel Ramírez Caraza, de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) del IPN, logró generar 15 millones de voltios en el Laboratorio de Física de dicha institución. El objetivo era acelerar partículas cargadas para la investigación nuclear.
1952	El Instituto de Física de la UNAM inauguró los nuevos laboratorios de Física Nuclear. El Instituto compró un acelerador Van de Graaff de 2 MeV con el que un grupo dirigido por Marcos Mazari inició sus trabajos de investigación en colisiones nucleares de baja energía.
1964	Se compró para el Centro Nuclear de Salazar, que más tarde se convertiría en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), un acelerador Tandem Van de Graaff.
1968	Se realizaron las primeras pruebas de funcionamiento del acelerador Tandem Van de Graaff.
1956	Se miden reacciones transversales de neutrones utilizando el acelerador Van de Graaff y equipo desarrollado por investigadores mexicanos. Con el objetivo de realizar estudios de radiólisis, se inició la construcción de un acelerador Van de Graaff de 0.5 MeV en la Universidad de Guanajuato. Se inicia la construcción de un acelerador Van de Graaff de 0.5 MeV en la Universidad de Guanajuato, para estudios de radiólisis.
1960	Se creó el programa de Física Nuclear y el Dr. Moshinsky fue nombrado titular del programa. En ese momento se contaba con dos aceleradores: un Van de Graaff de 2 MeV propiedad de la UNAM y otro de 0.5 MeV que se construyó en la misma Universidad con la cooperación económica de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN).
1963	El Instituto de Física de la UNAM adquirió el acelerador de partículas Dinamitron; con ello se ampliaron los estudios experimentales en Física Nuclear.
1964	Se cambia el acelerador Van de Graaff de 2 MeV del Instituto de Física de la UNAM a electrones, para iniciar estudios de química con radiadores.
1967	El acelerador Tandem Van de Graaf de 12 MeV inició sus operaciones en el Centro Nuclear de Salazar.
1978	Se inicia el Programa de Implantación de Iones, en el Instituto de Física de la UNAM.

¹³ Fuente: <http://www.fis.cinvestav.mx/~sincrotron/downloads/ProyectoLNLS5.pdf>

1979	Se cambia el acelerador Dinamitron del Instituto de Física de la UNAM a electrones, para estudios y aplicaciones de la tecnología de irradiación.
1984	El Instituto de Física de la UNAM recibe el acelerador de partículas Van de Graaff de 5.5 MeV.
1986	El espectrómetro de “tiempo de vuelo” inició sus operaciones en el laboratorio del acelerador Tandem Van de Graaff ubicado en el ININ. El acelerador de electrones Pelletron, también en el ININ, inició estudios sobre los efectos de la radiación en materiales y de radiólisis.
1989	1ro Encuentro Mundial Sobre Aceleradores. Centro Nuclear de Mexico 25-26 de Mayo de 1989 ¹⁴ .
1991	Del 22 al 24 de mayo de ese año, se realizó la “Segunda Reunión Nacional sobre Aceleradores” en el Centro Nuclear de México
1995	Se instaló en el IFUNAM un acelerador de partículas Pelletron de 3.0 MeV.
2011	Se realizó la primera reunión de la comunidad de usuarios del sincrotrón, del 4 al 6 de mayo, participaron 74 usuarios y se ofrecieron 25 presentaciones. Esta reunión fue organizada por la UNAM, la Universidad de Guanajuato, el CINVESTAV y fue apoyada por Conacyt.
2011	Se realizó la Primera Escuela Mexicana de Aceleradores de Partículas (MePAS por sus siglas en inglés); fue una iniciativa de investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México, del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional y del Campus León de la Universidad de Guanajuato ¹⁵ .
2012	Se realizó la Segunda Reunión Anual de la Asociación de Usuarios Mexicanos de Luz Sincrotrón en León, Guanajuato.
2013	Se realizó la Tercera Reunión Anual de la Asociación de Usuarios Mexicanos de Luz Sincrotrón en la Facultad de Ingeniería de Universidad Autónoma de Querétaro.
2014	Científicos del sincrotrón Alba publican un artículo en donde proponen las especificaciones técnicas de un posible sincrotrón en México: <i>Conceptual design study of a Storage Ring: First idea for a Mexican Light Source</i> .
2014	Se realizó la Cuarta Reunión Anual de la Asociación de Usuarios Mexicanos de Luz sincrotrón en Huatulco, Oaxaca, en la UMAR.

Cuadro 16 Uso de acelerados en México

¹⁴ Fuente: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/24/064/24064173.pdf

¹⁵ Fuente: <http://www.ugto.mx/ugcomunica/noticias/975-inauguran-lo-escuela-mexicana-de-aceleradores-de-particulas>

8.1.2 Historia de la experiencia mexicana con aceleradores

Como se observa en la crónica anterior realizada en su mayoría por el equipo de BUAP, CINVESTAV y el IPN, el trabajo de los científicos mexicanos en torno al uso de aceleradores de partículas lleva más de 60 años, nuestros investigadores se han preocupado por establecer redes y grupos de colaboración nacionales e internacionales para poder acceder a las instalaciones más avanzadas de aceleradores de partículas.

A continuación presentamos algunos ejemplos de este trabajo multidisciplinario y en conjunto con otras instituciones:

- El grupo de física nuclear del Instituto de Física de la UNAM mantuvo una estrecha colaboración con el Lawrence Berkeley Laboratory en California, Estados Unidos. Esta colaboración perduró por muchos años.
- A principios de los años ochenta Clicerio Avilez, en ese entonces investigador de la UNAM, junto con colaboradores de diferentes universidades de Estados Unidos llevó a Fermilab un detector que anteriormente había sido usado en Brookhaven (experimento BNL E766) para estudiar la producción del hiperón omega; también se probó una nueva técnica para el procesamiento de datos. El experimento en Fermilab fue catalogado como E690. Posteriormente se integraron los investigadores del Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato: Julián Félix, Gerardo Moreno, Modesto Sosa y Marco A. Reyes.
- A comienzos de los años noventa un nuevo grupo de físicos del Departamento de Física del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados se integró al experimento D0 del colisionador de protones y antiprotones Tevatron.
- Un grupo del CINVESTAV se involucró en el experimento de blanco fijo E791 que se especializó en el estudio de la producción del quark *charm* (encanto). El

grupo del CINVESTAV del experimento E791 impulsó la formación de un nuevo grupo mexicano en la Universidad de Puebla. En el marco del experimento E791, los doctores Arturo Fernández Téllez y Eduardo Cantoral formaron un grupo experimental que se uniría al E791; posteriormente se incorporaron investigadores a otras instituciones del país, establecieron vínculos con el programa de blanco fijo de Fermilab.

- Un grupo de la Universidad de San Luis Potosí formado por Antonio Morelos y Jurgen Engelfried se unió al experimento SELEX.
- Un grupo de investigadores de varias instituciones con Eleazar Cuautle (ICN UNAM), Alberto Sánchez (CINVESTAV) y Marco A. Reyes (IF-UGto) se unió al experimento FOCUS de foto-producción de “harm”.
- Un grupo más de la Universidad de Guanajuato formado por Gerardo Moreno y Julián Félix se unió al experimento HyperCP.
- Al mismo tiempo el grupo de la Universidad de San Luis Potosí, Antonio Morelos y Jurgen Engelfried, se unió al proyecto CKM – Charged Kaons at the Main inyector.
- En el CERN (Conseil Europeen pour la Recherche Nucleaire) trabaja hoy el grupo más grande de mexicanos en experimentos con aceleradores. El grupo está formado por investigadores de varias instituciones: Guillermo Contreras, Gerardo Herrera Corral y Luis Manuel Montaña del CINVESTAV; Rubén Alfaro, Ernesto Belmont, Varlen Grabski, Arnulfo Martínez, Arturo Menchaca y Andrés Sandoval del Instituto de Física de la UNAM; Eleazar Cuautle, Guy Paic del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM; Pedro Podesta, Ildefonso León Monzón y Ramón Gómez de la Universidad de Sinaloa; y Arturo Fernández, Mario Iván Martínez, Andrea Vargas y Sergio Vergara de la Universidad de

Puebla. Este grupo colabora en el experimento ALICE (A Large Ion Collider Experiment) del acelerador LHC (Large Hadron Collider) y ha participado en la construcción del detector ALICE contribuyendo a dos de los sistemas del experimento: el detector V0 y el detector de rayos cósmicos.

- Recientemente un grupo formado por Heriberto Castilla, E. de la Cruz, Ricardo López A. Sánchez del (CINVESTAV); Antonio Morelos (IFUGo), Salvador Carrillo y Fabiola Vázquez (U. Iberoamericana); Humberto Salazar (BUAP); Luis Villaseñor (UMSNH) se ha incorporado al experimento CMS (Compacto Muon Solenoid) del gran colisionador de hadrones (Large Hadron Collider).

En resumen, los investigadores mexicanos han participado en los siguientes experimentos en aceleradores de partículas:

Lugar	Experimento	No. de investigadores
Colaboración INFUNAM-ALS	Varios	Varios
INFUNAM/Universidad de Guanajuato	E690 producción del hiperón omega	5
CINVESTAV	Tevatron	Varios
CINVESTAV/ Universidad de Puebla	E791 quark pesado charm (encanto)	Varios
Universidad de San Luis Potosí	Selex	2
INFUNAM/CINVESTAV/ Universidad de Guanajuato	FOCUS de foto-producción de “harm”	Varios
Universidad de Guanajuato	Hyper CP	2
Universidad de San Luis Potosí	CKM – Charged Kaons at the Main inyector.	2
INFUNAM/CINVESTAV/ Universidad de Puebla/Universidad de Sinaloa/ Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM	CERN- construcción del detector ALICE contribuyendo a dos de los sistemas del experimento: el detector V0 y el detector de rayos cósmicos.	18
CINVESTAV/Universidad de Puebla/Universidad de Guanajuato/ UMSNHU/ Universidad Iberoamericana	CMS (Compacto Muon Solenoid) del gran colisionador de (Large Hadrón Collider).	7

Cuadro 17 Participación mexicana en experimentos usando aceleradores de partículas

La experiencia de la comunidad científica mexicana en el área de aceleradores se sumaría a la de la comunidad internacional de sincrotrones, la cual ha demostrado un gran espíritu de colaboración científica. El artículo del equipo científico del Alba elaborado en enero del 2014 en donde proponen las especificaciones técnicas de un posible sincrotrón en México es evidencia de la cooperación existente en la comunidad internacional de sincrotrones.

9. Capacidad actual y potencial para el uso del sincrotrón (comunidad de usuarios y otros)

México cuenta con una comunidad de usuarios del sincrotrón mucho más establecida que la de los sincrotrones comparados (Alba, Australiano, SESAME, LNLS, Sirius): cuando iniciaron sus respectivos proyectos. La comunidad de usuarios mexicanos de luz de sincrotrón fue creada en 2011 y cuenta actualmente con 146 miembros registrados¹⁶.



Imágen X Primera reunión de usuarios mexicanos del sincrotrón

¹⁶ Fuente: <http://www.sciencechiapas.net/SRmexusers/index.html>

Del 4 al 6 de mayo del 2011 se llevó a cabo, en la ciudad de Cuernavaca, la Primera reunión de usuarios mexicanos del sincrotrón, con la participación de 74 usuarios y se realizaron 25 presentaciones temáticas. La reunión fue organizada por la UNAM, la Universidad de Guanajuato, el CINVESTAV y fue apoyada por Conacyt.

Desde el 2011 ha habido reuniones anuales de la comunidad de usuarios; en el 2014 se llevó a cabo en Oaxaca del 27- al 28 de noviembre. La última se realizó del 12 al 14 de Agosto del 2015 en la ciudad de Cuernavaca¹⁷.

9.1 Demanda potencial para el uso del sincrotrón en áreas multidisciplinarias en México

Un sincrotrón de tercera generación con nueve líneas de experimentación (similar al Alba o al Australiano) proporciona servicios a un promedio de 1,000 científicos multidisciplinarios por año. Tomando esto como referencia se ha hecho el cálculo de que para que un sincrotrón de estas características sea utilizado óptimamente se requiere un mínimo de 5,000 científicos multidisciplinarios de alto nivel. México tiene, únicamente en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), a más de 23,000 investigadores (Conacyt, Enero 2015)¹⁸. Este número excluye muchos científicos que trabajan exclusivamente para la industria privada. El Banco Mundial estimó que en el 2012 había en México más de 42,000 hombres y mujeres dedicados a la investigación y desarrollo¹⁹. México tiene, potencialmente, una demanda que requiere un sincrotrón con 38 líneas de experimentación o cuatro sincrotrones con un mínimo de 10 líneas de experimentación cada uno.

¹⁷ Fuente: <http://indico.nucleares.unam.mx/conferenceDisplay.py?confId=959>

¹⁸ Website: <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores/Opcion-Investigadores-Vigentes-Lista-de-Excel-actualizada-a-Enero-del-2015>.

¹⁹ <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.SCIE.RD.P6>

9.2 Experiencia de los científicos mexicanos en el área de investigación multidisciplinaria utilizando la radiación de luz de sincrotrón

La experiencia de la comunidad mexicana de usuarios del sincrotrón en México en áreas de ciencia básica es muy amplia, en el área multidisciplinaria de ciencia aplicada tiene un gran potencial a desarrollarse pues la mayoría de los usuarios actuales provienen de dos disciplinas: física y química. Sin embargo; hay una clara tendencias al aumento de usuarios de radiación de sincrotrón, pues éstos se han incrementado año con año. De 1994 al 2011 se han publicado 120 artículos de investigadores mexicanos relacionados al uso de la radiación de sincrotrón.

Año	1985-89	1990-94	1995-99	2000-04	2005-09	2010-11*	Total
No. de Artículos	6	11	6	20	54	23	120

Cuadro 18 Artículos publicados por investigadores mexicanos usuarios del sincrotrón

Hay investigadores mexicanos que residen en el extranjero que cuentan con gran experiencia en la materia; así mismo, hay investigadores extranjeros de múltiples disciplinas que han llevado a cabo experimentos con luz de sincrotrón, los cuales guardan una estrecha relación con temas nacionales. Por ejemplo:

- Mónica Olvera de la Cruz estudió la licenciatura en Física en la UNAM y el doctorado en Física en la Universidad de Cambridge. Fue uno de los miembros del distinguido panel que elaboró el reporte de BESAC del 2013 que determinó la política del gobierno de los Estados Unidos en relación a las prioridades para la construcción de mega-infraestructura científicas relacionadas a los aceleradores.

- El Dr. Manuel Sánchez Del Rio, de origen español, ha llevado a cabo investigaciones sobre el azul maya usando el sincrotrón²⁰.
- Varios miembros de la Red de Mexicanos Altamente Calificados en el Extranjero (RGMX - red iniciada por el Instituto de Mexicanos en el Exterior) han llevado a cabo experimentos usando la radiación del sincrotrón. Esta red cuenta con 4,000 miembros radicando en 19 países del mundo. Como ellos hay una variedad de científicos que han realizado experimentos a través de instituciones y centros de investigación en el exterior que podrían sumarse al proyecto mexicano del sincrotrón en una variedad de formas.

9.3 Potencial científico en la juventud mexicana

Hay también varios ejemplos del potencial de los jóvenes científicos mexicanos y de su capacidad para innovar en el área de aceleradores de partículas. Cristóbal Miguel García Jaimes, estudiante de la licenciatura en Física en la UNAM, obtuvo el Premio Nacional de la Juventud 2014²¹. Construyó, en colaboración con profesores de la universidad, el acelerador de partículas miniatura más barato del mundo, con un costo de mil pesos y en nueve meses de trabajo. Esto es toda una hazaña científica y tecnológica y una muestra de lo que los jóvenes científicos mexicanos podrían lograr en el área de aceleradores si tuviesen las herramientas necesarias a su disposición.

Conclusiones

La tecnología de los sincrotrones es sólida, hay una base de conocimiento acumulado en el área de aceleradores en México, contamos con una comunidad de usuarios muy fuerte y una comunidad científica multidisciplinaria potencial muy extensa; la cual supera a la

²⁰ Fuente: <http://boletin-cnmh.inah.gob.mx/boletin/boletines/3EV12P49.pdf>

²¹ Fuente: http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_025.html

que existía en Brasil, Australia o España hace quince años cuando iniciaron sus proyectos.

México está en una mucha mejor posición para diseñar, construir y operar un sincrotrón que la de sus contrapartes brasileños, españoles o australianos en el momento y las circunstancias en que estos países iniciaron la construcción de sus aceleradores de partículas. Nuestro país podría optar por seguir el modelo de algún sincrotrón ya existente como el LNLS, el Alba, el australiano u otro. Por ejemplo, uno de los componentes básicos del sincrotrón es el LINAC (acelerador lineal). México tiene, sin duda, la capacidad para, por un lado diseñar y construir uno, o desarrollar las especificaciones técnicas para adquirirlo en el extranjero. Pero estas decisiones dependerán del tipo de sincrotrón y la estrategia de ciencia e innovación que México decida definir en el largo plazo.

Uno de los retos nacionales es consolidar una amplia base multidisciplinaria de usuarios que aprovechen las oportunidades ofrecidas por esta tecnología. Los 21,000 miembros del Sistema Nacional de Investigadores y los 20,000 investigadores nacionales que trabajan para la industria en el país constituyen una fuente potencial sólida de recursos humanos altamente calificados que podrían utilizar plenamente esta tecnología científica.

10. Evaluación internacional de megaproyectos científicos (Big Science)

En esta sección analizamos y discutimos los procesos de decisión y las diferentes metodologías que siguen Estados Unidos, la Comunidad Europea y la comunidad internacional para evaluar la viabilidad de mega-proyectos científicos como el sincrotrón. Este tipo de proyectos son conocidos, en la administración gerencial y en la literatura científica, como “Big Science”. Este análisis nos permitirá entender los

procesos que siguieron otras comunidades científicas en el mundo para tomar la decisión de aprobar los recursos para la construcción de un sincrotrón.

10.1 Naturaleza de un proyecto científico

Los grandes proyectos científicos requieren un complejo proceso de evaluación por sus características propias, entre ellas por estar en la frontera de la ciencia. Debido a sus particularidades no se prestan para ser evaluadas con una metodología estándar o analogías financieras que permitan compararlos con proyectos similares, actualmente su evaluación representa un gran reto para la comunidad internacional y para las administraciones de ciencia y tecnología de cada país.

En el caso de los sincrotrones, la mayoría de los procesos de aprobación se han dado con base en estudios realizados directamente por los órganos responsables de formular la política en ciencia o tecnología del país; en algunos casos se ha comisionado a terceros para que lleven a cabo estos estudios. Los encargados de producir estos documentos generalmente son personas expertas en la asignación de prioridades y presupuestos, consideran los elementos científicos y tecnológicos de cada proyecto y su impacto económico y social para el mundo, un país, una región o una localidad. En general, los casos de negocios o financieros son una metodología incipiente en este contexto.

10.2 Procesos de decisión seguidos en los Estados Unidos y en Europa

Europa y Estados Unidos han seguido procesos diferentes para la aprobación de proyectos de esta magnitud, se ha observado que la comunidad europea ha madurado y estandarizado sus procesos de decisión; ambos han respondido competitivamente cada vez que una de estas entidades ha publicado un reporte de prioridades científicas. Es

evidente que ninguna de estas potencias económicas quiere quedarse rezagada en materia de desarrollo científico.

10.2.1 El proceso de decisión para aprobar megaproyectos en los Estados Unidos

El proceso tiene dos vertientes. La primera proviene de reportes y estudios comisionados principalmente por el Departamento de Energía (DOE por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. El DOE comisiona el estudio a líderes científicos con gran reputación en la materia y estos organizan paneles de discusión con el fin de definir los proyectos prioritarios y el monto para la asignación de recursos presupuestales que permitan implementar estos megaproyectos científicos. En algunos casos hay cantidades de inversión muy específicas por proyecto y en otros solo una asignación de prioridades por proyecto.

La segunda vertiente es un proceso más administrativo en donde la oficina de ciencia del DOE solicita que los proponentes de los proyectos sigan un proceso de decisión basado en los siguientes elementos²²:

1. Aprobación de la misión y objetivos del proyecto
2. Aprobación de Selección de Alternativas y rango de costos
3. Aprobación de los estándares de desempeño
4. Aprobación del inicio de la construcción
5. Aprobación de la terminación del proyecto

²² Para más información consultar <http://energy.gov/management/office-management/operational-management/project-management/policy-and-guidance> el cual contiene una serie de documentos de referencia sobre esta materia. El más importante de ellos es la Guía DOE G 413.3-2 Guía de Control de calidad para la administración de proyectos (Junio del 2008).

Sin embargo, el respaldo que logren las iniciativas es vital para que el proyecto sea financiado. Los proyectos aprobados en la primera vertiente raramente son rechazados por lo que en nuestro análisis nos concentramos en esta primera parte.

La rápida evolución que ha tenido el uso de la radiación de sincrotrón en el campo de las investigaciones aplicadas en un ámbito multidisciplinario ha tomado a todos por sorpresa. En los Estados Unidos, antes de 1990, la motivación de construir un sincrotrón surgía a partir de las necesidades académicas en las universidades para avanzar en el campo de las ciencias básicas o para incrementar la capacidad para competir comercialmente en la arena internacional. En más de la mitad de los casos, los sincrotrones americanos están ligados directamente a una universidad que ha sido apoyada por la Fundación Nacional para la Ciencia (National Science Foundation–NSF) y el Departamento de Energía de los Estados Unidos. La otra mitad está compuesta por cuatro laboratorios nacionales: el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST), el Laboratorio Nacional de Argonne (APS), Fermilab, y el Laboratorio Nacional de Brookhaven. Estos laboratorios nacionales proporcionan servicios a cualquier usuario.

Sincrotrón	Universidad	Año de inicio de operaciones
SURF	NIST	1961
Fermilab	Fermilab	1967
SSRL	Stanford	1974
ALS	Berkeley	1993
CHESS	Cornell	1999
CAMD	LSU	2012
NLSL-II (NLSL-1982)	BNS	2015

Cuadro 19 Laboratorios nacionales en los Estados Unidos

Estas instalaciones científicas están consideradas entre las mejores del mundo y son una fuente interminable de premios científicos internacionales y nacionales. Stanford y Brookhaven tiene el record de tener un total de 14 premios Nobel (7 cada uno); estos investigadores obtuvieron el galardón a partir de experimentos realizados en

sus respectivos sincrotrones. Sin embargo hay que aclarar que la comunidad de científicos usuarios del sincrotrón lo usan de maneras diferentes. Los estudiosos de la física en sus investigaciones de las partículas atómicas buscan que un sincrotrón pierda la menos energía posible. Por el otro lado los científicos que usan el sincrotrón para llevar a cabo sus experimentos multidisciplinarios buscan que haya pérdida de energía en la forma de luz de radiación sincrotrón, que es la que usan para examinar sus muestras. Ambos grupos de científicos han sido galardonados con el Premio Nobel por sus logros en sus respectivas materias.

<i>Brookhaven</i>	<i>Stanford</i>
Nobel de Física	Nobel de Física
	1976 Burton Richter (SLAC) y Samuel C. C. Ting (MIT)
1976 Samuel C.C. Ting*	1990 Richard E. Taylor (SLAC), Jerome I. Friedman (MIT), y Henry W. Kendall (MIT)
1980 James Cronin* and Val Fitch*	1995 Martin L. Perl
1988 Leon Lederman*, Melvin Schwartz* and Jack Steinberger*	2008 Yoichiro Nambu (Enrico Fermi Institute, University of Chicago, IL) Makoto Kobayashi (High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Japan) y Toshihide Maskawa (Yukawa Institute for Theoretical Physics (YITP), Kyoto University, Japan)
2002 Raymond Davis Jr.	
Nobel de Química	Nobel de Química
2003 Roderick MacKinnon**	2006 Roger Kornberg
2009 Venkatraman Ramakrishnan	2009 Ada Yonath
	2012 Brian Kobilka MD

Cuadro 20 Premios Nobel Brookhaven/Stanford

La decisión científica de construir sincrotrones en los Estados Unidos emanó, en una primera instancia, de la necesidad de competir a nivel industrial con países como Japón y Alemania y en segunda instancia, por razones militares para responder a estas necesidades en 1961 entró en operación el SURF (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología -NIST) y más tarde, en 1974, el SSRL en la Universidad de Stanford.

El SSRL, dada su ubicación académica, se orientó mayormente a desarrollar el campo de las ciencias básicas. Dupen (1966) describió la génesis de este proyecto que nació cuando en 1959 el Congreso de los Estados Unidos recibió y debatió un reporte preparado por un Panel Especial en la Física de Aceleradores de Altas Energías. El Congreso quedó muy impresionado por las posibilidades en esta área de la ciencia, en particular por las posibles aplicaciones militares. Dado que EU estaba envuelto en proceso la “guerra fría” Glenn Seabor, Presidente de la Comisión de Energía en el Congreso americano, declaró:

“La física de altas energías es uno de los desarrollos intelectuales de punta más importantes de nuestra era. No es sólo es un área muy emocionante, sino que los experimentos en este campo pueden llevarnos a descubrir algunos de los aspectos teóricos y, probablemente, de aplicación práctica más importantes de nuestra historia”.²³

El Congreso americano aprobó en 1961 los fondos correspondientes, \$114,000 dólares americanos, para construir este sincrotrón que entró en operación 13 años más tarde, en 1974. Robert Crease en su análisis sobre la evolución del sincrotrón (2007) explicó que en los años 1970 y los 1980 el número de aplicaciones del sincrotrón creció exponencialmente y que esto se debió a dos cualidades de la radiación de sincrotrón:

- Tiene un espectro continuo de luz lo que permite estudios sobre el espectro de absorción
- Puede ser muy afinado por otros instrumentos llamados mono cromómetros lo que lo hace muy útil para el estudio de cristales²⁴.

²³ Dupen, Douglas W.(1966). *The Story of Stanford's 2-Mile Long Accelerator*. SLAC-R-062, May 1966. 118pp.

²⁴ Crease, Robert P. "The national synchrotron light source, Part I: Bright idea". *Physics in perspective* 10.4 (2008): 438-467.

En 1984 Eastman y Seitz, del Consejo Nacional para la Investigación, produjeron un reporte científico solicitado por la Oficina de Ciencia y Tecnología del Departamento de Energía denominado “Major Facilities for Materials Research and Related Disciplines”. En este reporte los autores concluyeron que:

“El campo de la investigación usando la radiación de sincrotrón ofrece incomparables oportunidades científicas y técnicas, para permitir que los ingenieros y los científicos lleven a cabo experimentos en áreas que de otra manera permanecerían inaccesibles a la ciencia y a la tecnología”²⁵.

Los autores recomendaron que el Gobierno aprobara fondos por \$5 millones de dólares para la construcción o modernización de varios sincrotrones:

1. Una facilidad de radiación de sincrotrón de 6 GeV de potencia
2. 1 to 2 GeV Facilidad de gran intensidad para los pulsos del neutrón²⁶

Los reportes definieron con gran claridad las ventajas científicas y tecnológicas que los Estados Unidos obtendrían a través de la construcción y operación de sincrotrones. Sin embargo, no fue sino hasta 1997 cuando Birgeneau y Shen realizaron un segundo reporte científico comisionado por el Departamento de Energía, conocido por sus abreviaciones BESAC (Basic Energy Sciences Committee Subpanel), en donde resaltaron las virtudes del sincrotrón a partir de las nuevas aplicaciones prácticas que tenía. Este reporte incluyó un análisis sobre la historia, el presente y el futuro de la radiación de luz de sincrotrón. Sus resultados no solo definieron la política que tomarían los Estados Unidos sobre la materia; sino que también sirvió de punto de referencia para que los países europeos aceleraran sus propios programas para el diseño y construcción de más y mejores sincrotrones. El panel, formado por 23 de los científicos más

²⁵ D.E. Eastman and F. Seitz (1984), *Major Facilities for Materials Research and Related Disciplines*, Washington DC, National Academy Press, PB85-108550 (1984), pagina 4

²⁶ Para mas información consultar: <http://www.princeton.edu/pei/energy/publications/reports/No.290.pdf>

reconocidos en los Estados Unidos y el mundo, desarrolló un estudio el que evaluaron caso por caso de los resultados obtenidos usando la luz de sincrotrón en todas las áreas de conocimiento. Los autores concluyeron:

“La investigación usando la radiación de sincrotrón ha evolucionado, en los últimos veinte años, de ser una empresa esotérica practicada por un número muy pequeño de científicos principalmente en el campo de la física de estados sólidos y ciencias de superficie, a una actividad científica esencial que provee información en las ciencias de materiales y la química, las ciencias de la vida, del ambiente molecular, las geociencias, las tecnologías emergentes y de investigación de defensa, entre otros campos. Los usuarios de las instalaciones de sincrotrón continúan creciendo exponencialmente hasta alcanzar más de 4000 usuarios por año (1997)”.²⁷

El panel recomendó financiar la mayoría de los presupuestos para operar, modernizar o ampliar los sincrotrones en operación; sus conclusiones principales, tomadas de forma unánime, fueron:

- Que el cierre de cualquier instalación de sincrotrón en los siguientes diez años dañaría los intereses nacionales de los Estados Unidos.
- Incrementar el presupuesto de 3 sincrotrones (SSRL, NSLS y APS) por un total de \$139.5 millones de dólares
- Proporcionar \$3 millones de dólares para el diseño de un sincrotrón de cuarta generación
- Aprobar \$11 millones de dólares para la construcción de líneas de experimentación en el APS y el NSLS.
- Proporcionar \$35 millones de dólares para la operación del ALS
- Aprobar \$27 millones de dólares para la modernización del SSRL y del NSLS

²⁷ R. Birgeneau and Z. X. Shen (1997), *Report of the Basic Energy Sciences Committee Subpanel on D.O.E. Synchrotron Radiation Sources and Science*, November 1997, p. 13

El panel concluyó que la luz de sincrotrón es una “revolución científica genuina”.

Dos años más tarde, Stephen Leone presentó el reporte “Basic Energy Sciences Advisory Committee Panel on Novel Coherent Light Sources” a petición del Departamento de Energía de los Estados Unidos; buscaba identificar las tecnologías de punta en el campo de la radiación de sincrotrón que deberían ser desarrolladas en el futuro. El panel formado por dieciséis expertos en la materia concluyó unánimemente que:

“La luz de sincrotrón basada en aceleradores jugaba un papel fundamental en la comunidad científica de los Estados Unidos. El panel encontró que el avance más prometedor e innovador en el área de la ciencia era el desarrollo de un sincrotrón en la región de los Rayos X duros y con una potencia en el rango entre 8 y 20 keV, o más alto”.²⁸

El panel reconoció que habría una relación simbiótica entre las fuentes de luz basadas en aceleradores y las impulsadas por láseres súper rápidos de alta potencia. El panel veía estas dos tecnologías como complementarias. Propuso que SLAC, ANL y el NSLS participaran en esta tarea de investigación para hacer realidad esta recomendación. El panel no recomendó ningún presupuesto asociado a estas sugerencias.

El último reporte científico sobre el tema de la luz de radiación fue presentado por el Hemminger y Barletta en Marzo del 2013. Este reporte fue elaborado por dieciséis expertos. El objetivo de este estudio era enlistar las prioridades presupuestarias para el apoyo de grandes instalaciones científicas, entre ellas las fuentes de luz sincrotrón y los láseres de electrones libres (FEL). Este análisis consideró las

²⁸ Leone, S.R. (1999), *Report of the Basic Energy Sciences Advisory Committee Panel on Novel Coherent Light Sources*, January 1999

prioridades para desarrollar ciencia y tecnología en los Estados Unidos para el período 2014-2024. En relación a las fuentes de luz de sincrotrón el panel concluyo:

“El sistema compuesto por las cinco fuentes de luz apoyadas por el Departamento de Energía (DOE) es un recurso que es absolutamente central en la empresa científica y tecnológica del país. Las fuentes de luz son utilizadas por más de 11,000 científicos a nivel nacional y del resto del mundo. Cada instalación está produciendo ciencia excepcional. Dentro de esta categoría de fuentes de fotón, el comité encontró una variación en el grado en que cada una de esta fuentes de luz contribuirá a hacer ciencia de primer nivel en el periodo del 2014 al 2024”.²⁹

El Reporte indicó que tres de ellas jugarían un papel absolutamente central: el LCLS, NSLS-II y el ANL; y dos serian importantes: el ALS y SSRL. Con base en esto, los comités y subcomités de BESAC recomendaron con fuerza y urgencia invertir en la modernización del Fuente Avanzada de Fotones (APS) y de la Fuente de Luz de Coherencia Linear (LCLS-II).

Las iniciativas científicas que gozan del apoyo de este tipo de reportes tienen altas probabilidades de ser aprobadas. La primera vertiente garantiza que el qué y el para qué sean evaluados con detalle por una comunidad de científicos expertos en la materia. El proceso de decisión de DOE garantiza que el cómo, cuándo y a qué precio sea correcto; estos son revisados por autoridades administrativas.

10.2.2 Proceso de aprobación de megaproyectos científicos en la Comunidad Europea

La Comunidad Europea tiene procesos similares los de Estados Unidos, pero con características diferentes. La Fundación Europea para la Ciencia (ESF por sus siglas en

²⁹ Hemminger John C., Barletta, W. (2013) *Basic Energy Sciences Facilities Prioritization*. February 26-27, 2013 Bethesda North Marriott Hotel and Conference Center.

inglés) juega un papel similar al del Departamento de Energía de los Estados Unidos en relación a los paneles de expertos (BESAC); pero ésta no proporciona financiamiento directo. Sin embargo, sus reportes y evaluaciones son un requisito básico para que un megaproyecto sea considerado por los gobiernos europeos involucrados.

En 1975 la ESF organizó una conferencia para explorar la construcción de un sincrotrón europeo. Esta reunión fue la génesis del sincrotrón ESRF, en Grenoble Francia y de Elektra en Italia.

En 1998, un reporte de la ESF³⁰ que fue elaborado por un panel de seis expertos (un año después del influyente Reporte de BESAC de 1997), fue vital para que el Gobierno español decidiera aprobar los recursos para construir el sincrotrón Alba, se construyera el sincrotrón alemán BESSY II y el Suizo SLS; también respaldó los planes para que se reemplazaran los sincrotrones Lure en Francia y el británico SRS.

Algunos sincrotrones como el europeo ESRF fueron el resultado de la contribución financiera de países miembros de la comunidad europea, pero otros como el Alba y el BESSY II fueron financiados principalmente por sus propios gobiernos.

En el año 2002, ante la disyuntiva de seguir con el estatus quo o crear una estrategia más coherente y de largo plazo (2020), la comunidad europea decidió crear el ESFRI (Foro de Estrategia Europeo sobre Infraestructura Científica) para el desarrollo de megaproyectos científicos en Europa. El objetivo del foro era convertirse en un

³⁰ ESF (1998) Review of the needs for European synchrotron and related beam-lines for biological and biomedical research ESF Study Report November 1998

instrumento de estrategia para el desarrollo de la integración científica de Europa y fortalecer su alcance internacional³¹.

En el 2006, el ESFRI publicó su primera ruta crítica sobre las infraestructuras científicas en Europa³² en la cual identifica las prioridades en términos de infraestructura científica que la Comunidad Europea considera esencial para promover la economía de sus países. Pero esto no es garantía de financiamiento, aunque regularmente las prioridades definidas son financiadas. En el 2008, ESFRI actualizó esta ruta crítica.

En el 2012, se amplió el mandato del ESFRI para: “dirigir adecuadamente los desafíos existentes y asegurar el monitoreo y la evaluación de proyectos en construcción y operación después de una evaluación detallada; y para jerarquizar en una lista los proyectos identificados en la ruta crítica de ESFRI”³³. El financiamiento para estos proyectos provendría de la Comunidad Europea.

En el 2010, el ESFRI había identificado diez megaproyectos como parte de su ruta crítica hacia el éxito, entre ellos estaban incluidas dos fuentes de luz de radiación:

- La modernización del sincrotrón Europeo ESRF, con un financiamiento de 241 millones de euros de capital y 93.5 millones de euros para su operación.

³¹ http://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=esfri

³² ESFRI (2006). European Strategy Forum on Research Infrastructures.

³³ ESFRI (2012). State of play of the implementation of the projects on the esfri roadmap 2010. Report of the Implementation Group to the ESFRI Forum November 2012

- La construcción de un láser de electrones libres con un costo de capital de 1,082 millones de euros y uno de operación por 77 millones de euros.³⁴

Para el año 2012 la ruta crítica abarcaba 35 proyectos.

El ESFRI Horizons 2020³⁵ publica anualmente una serie de convocatorias para financiar proyectos de infraestructura para la investigación y define la lista de prioridades. Las convocatorias cubren el financiamiento para: el diseño conceptual y técnico, las fases preparatorias de proyectos que están en la ruta crítica de ESFRI, la implementación individual y operación de la ruta crítica del ESFRI, la implementación y operación de servicios generados por un grupo de proyectos ESFRI o de otras infraestructuras con tecnologías de punta en operación y que no forman parte del ESFRI.

Los científicos que quieren solicitar fondos del programa Horizons 2020 para construir un megaproyecto científico tienen que llenar una solicitud que responda a las convocatorias siguiendo el proceso documental especificado en el portal del programa³⁶. Las propuestas son revisadas por un panel de especialistas independientes en cada campo, siguen una serie de criterios estándar. El documento número 4 del programa de trabajo para 2014-2015 describe el proceso para solicitar estos fondos.³⁷

³⁴ *Strategy Report on Research Infrastructures*, Roadmap 2010, ESFRI March 2011

³⁵ Website: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/how-get-funding>

³⁶ <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/home.html>

³⁷ <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/home.html>

10.3 Metodologías para la evaluación de megaproyectos científicos

En esta sección analizamos dos metodologías para la evaluación de megaproyectos de infraestructura científica y tecnológica, así como los indicadores de desempeño específico usados por la comunidad de sincrotrones para medir su eficiencia.

10.3.1 La Comunidad Europea: Gateway Process (Procesos de salida)

En Agosto del 2012, la Comisión Europea y ESFRI formaron un grupo de siete expertos (AEG)³⁸ para evaluar la madurez financiera y administrativa de 35 proyectos que formaban parte de su ruta crítica. La Comunidad Europea tenía la meta de inaugurar o terminar el 60% de estos proyectos para el año 2015. Esta fue la primera evaluación de su tipo, que aunque no estaba dirigida a los sincrotrones en particular, los incluía en su marco de referencia. El EUROFEL fue el único sincrotrón evaluado en este proceso.

El AEG utilizó una metodología modificada que se basó en la usada en Inglaterra denominada *UK gateway process*³⁹; esta metodología evalúa los proyectos con base una matriz que contiene las siguientes categorías:

- Costo y estructura financiera
- Estructura legal y de gobierno
- Vínculos con los grupos de interés y compromisos financieros
- Recursos humanos
- Manejo de proyectos
- Estrategia de usuarios
- Estrategia de riesgos

³⁸ *Assessing the projects on the ESFRI roadmap: A high level expert group report*, European Commission August, 2013

³⁹ Para mayor información consultar: <http://www.dfpni.gov.uk/gateway-review>

Esta evaluación mide el grado de madurez del proyecto para que pueda ser construido de acuerdo a lo programado, no mide la calidad de los servicios o productos que generaran para sus usuarios. En esta evaluación se examinó sólo un sincrotrón, el EUROFEL (Laser complementario de electrones libres). En sus conclusiones el AEG indicó que había varios problemas con este pues no tenían una estructura de gobierno o estatutos definidos. Este proyecto es el resultado de una red de colaboración entre varios sincrotrones. Esta red esta todavía en proceso de consolidarse y dar resultados de importancia.

10.3.2 Otras metodologías propuestas para evaluar megaproyectos científicos

El campo para la evaluación de megaproyectos científicos y tecnológicos es muy nuevo. Aquí presentamos algunas de las más nuevas e innovadoras propuestas sobre el tema.

10.3.2.1 Evaluación de las metodologías en los Estados Unidos, Europa e Inglaterra para aprobar megaproyectos científicos

En diciembre del 2014, tres académicos Pancotti, Pellegrin y Vignetti llevaron a cabo una evaluación de las diferentes metodologías para aprobar y evaluar megaproyectos científicos; en la cual concluyeron que la actual práctica de usar evaluaciones colegiales (científicos evaluando científicos) se está convirtiendo en una práctica en des uso: “Nuestra investigación confirma que hay un movimiento que se aleja de las decisiones discretas centradas puramente en consideraciones científicas, hacia un sistema más formal y posiblemente que acomode perspectivas cuantitativas para la selección y

evaluación de megaproyectos científicos”.⁴⁰ Sin embargo, las alternativas propuestas no están todavía bien definidas.

10.3.2.2 Marco de análisis costo-beneficio de megaproyectos científicos

Este modelo de Massimo Florio y Emanuela Sirtori propone un marco conceptual cuantitativo (consistente con las sugerencias de Pancotti, Pellegrin, Vignetti):

“La estimación de cantidades y precios sombra de agregados de costos en seis categorías de beneficio económico: valor puro de descubrimientos, conocimiento de resultados, beneficios tecnológicos marginales, formación de capital humano, efectos culturales y servicios a terceras personas”.⁴¹

Esta metodología, que está muy relacionada al análisis económico de proyectos, es interesante porque combina la perspectiva utilizada por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de desarrollo en proyectos de transporte y energía, con los proyectos que usan un gran capital para construir infraestructura científica. Esta metodología podría ser usada para la aprobación de un proyecto o para evaluar sus resultados. Por otro lado, asume que hay suficiente información disponible para calcular el costo-beneficio del proyecto evaluado, requisito que muy pocos proyectos podrían cubrir actualmente.

10.4 Recomendaciones de los principales reportes científicos relacionados con el sincrotrón

Al revisar los procesos existentes en cada entidad, encontramos que todos los documentos rectores de la política en el área de ciencia y tecnología de Europa y de los

⁴⁰ Pancotti, C. Pellegrin, J. Vignetti, S. (2014) *Appraisal of Research Infrastructures: Approaches, Methods And Practical Implications*. Working Paper N. 2014-13 Dicembre 2014, XI Milan European Economic Workshop Università degli Studi di Milano, 22-23 giugno 2012

⁴¹ Florio, M. Sirtori, E. (2014) *The Evaluation of Research Infrastructures: a Cost-Benefit Analysis Framework*. Department of Economics, Management and Quantitative Methods, University of Milan CSIL Centre for Industrial Studies (2014).

Estados Unidos, que se han publicado desde 1959, han llegado a la misma conclusión: que el sincrotrón es un instrumento que está revolucionando los campos de investigación científica y tecnológica multidisciplinaria en el mundo.

País	Año	Reporte	Conclusión
Estados Unidos	1959	Panel Especial en la Física de Aceleradores de Altas Energías	Aprobación para construir el primer sincrotrón
Estados Unidos	1984	Reporte: <i>Major Facilities for Materials Research and Related Disciplines</i>	Recomendación para modernizar o construir varios sincrotrones
Estados Unidos	1997	Primer Reporte BESAC	Recomendación para modernizar o construir varios sincrotrones
Comunidad Europea	1998	Reporte ESF, <i>Review of the needs for European synchrotron and related beam-lines for biological and biomedical research</i>	Recomienda la construcción de varios sincrotrones en Europa
Estados Unidos	1999	Reporte: <i>Basic Energy Sciences Advisory Committee Panel on Novel Coherent Light Sources</i>	Respalda el valor medular, científico y tecnológico de la luz de sincrotrón
Comunidad Europea	2006	Reporte ESFRI: <i>European Strategy Forum on Research Infrastructures</i>	Incluyen la construcción de sincrotrones como prioridades en la ruta de éxito de la CE.
Comunidad Europea	2010	Reporte ESFRI: <i>Strategy Report on Research Infrastructures, Roadmap 2010</i>	Enlistan 10 megaproyectos entre ellos dos sincrotrones
Estados Unidos	2013	Reporte BESAC	Absoluto apoyo al sincrotrón, recomienda la modernización y construcción de más sincrotrones

Cuadro 21 Reportes científicos Estados Unidos y la Comunidad Europea

Conclusiones

Los procesos de aprobación, tanto de Estados Unidos como de la Comunidad Europea, dependen en gran medida de las recomendaciones formuladas por un panel de científicos expertos en varias disciplinas, estos científicos evalúan el mérito de cada proyecto considerando sus resultados científicos y tecnológicos potenciales; no los económicos o los sociales. Este proceso de decisión ha sido cuestionado por académicos especializados en esta área, sin embargo todavía estamos muy lejos de identificar un método que genere el consenso en los campos administrativos y científicos.

11. Evaluación del desempeño de los sincrotrones

Como podemos evaluar que los sincrotrones están realmente generando beneficios para el mundo científico, la industria y la sociedad en su conjunto?

Los sincrotrones son instrumentos de reciente creación y como tal los métodos para evaluar su desempeño están en constante evolución.

Todavía no existe un estándar de desempeño que sea considerado como la mejor practica mundial y por lo tanto, cada sincrotrón utiliza diferentes indicadores para medir tanto su desempeño como su impacto.

En general podemos agrupar los índices de desempeño que los sincrotrones utilizan en cuatro categorías. Dos de estas categorías son de proceso, la tercera de resultados y la ultima de impacto:

11.1 Capacidad óptima de operación (proceso)

Mide la capacidad del sincrotrón para proveer el tiempo y la calidad de los servicios demandados por los usuarios. Entre los indicadores que forman parte de esta categoría están

- a) Porcentaje del tiempo sincrotrón operando óptimamente con respecto al número de horas programadas por año. Esta definición de óptimo varía de sincrotrón a sincrotrón, en donde algunos lo calculan con base en las horas que trabajan, las cuales pueden variar: 24 horas los 7 días de la semana, lunes a viernes con dos o tres turnos al día. Algunos sincrotrones ofrecen la posibilidad de trabajar los fines de semana, si es requerido. Hay algunas líneas de experimentación que por razones técnicas, como implementación y modernización, funcionan menos horas que otras líneas experimentales. Todas estas variables son consideradas para calcular el óptimo programado de horas de servicio. Las horas programadas son monitoreadas periódicamente con relación a lo logrado.
- b) Tiempos muertos atribuidos a fallas en la operación del sincrotrón.
- c) Tiempo muerto atribuido a fallas provocadas por factores externos.
- d) Promedio del tiempo de respuesta para regresar a la operación óptima del sincrotrón después de reportada una falla.
- e) Porcentaje del tiempo utilizado para mantenimiento preventivo, correctivo o para modernización del equipo en relación al tiempo proporcionado para los usuarios.
- f) Operación máxima. Algunos sincrotrones como: APS, SLS, SSRL, ALS, SSRF, SOLEIL, Diamond, SPring8 y TLS tienen la capacidad tecnológica de mantener una corriente estable en los anillos de almacenamiento, por medio de

inyecciones de pequeñas cantidades de corriente que permiten que el haz de luz sea más estable. Esta es una ventaja única de los sincrotrones de 3ra generación.

Indicador/ sincrotrón	Alba (2013)	LNLS	Australiano
Porcentaje del tiempo anual del sincrotrón operando óptimamente de acuerdo al máximo de horas por año en todas las líneas de experimentación *5000 horas máximas de utilización en líneas experimentales	61%*	N/A	N/A
Porcentaje del tiempo sincrotrón operando óptimamente de acuerdo programa de actividades interno	97%	98%	99%
Porcentaje del tiempo dedicadas para modernizar equipo	15%	.6%	.6
Promedio de horas entre fallas	25	N/A	500
Promedio de horas para regresar a operación optima después de reportada una falla	.8	N/A	N/A
Top Up (2014)	Si	N/A	Si

Cuadro 22 Indicadores del desempeño de sincrotrones

11.2 Demanda de las líneas de experimentación

En un escenario de utilización óptima de las líneas de experimentación, se espera que éstas tengan demandas de usuarios similares. Se plantea que la demanda, en promedio, sea por lo menos 20% por arriba de la oferta, para estar en posibilidades de filtrar los proyectos de investigación que no cumplan con criterios de mérito y calidad científica.

Para mantener un sincrotrón con 10 líneas experimentales operando óptimamente (24 horas del día, 7 días a la semana) se requieren de por lo menos 5,000 científicos que *potencialmente* pudiesen usar el sincrotrón (científicos que tengan conocimiento del como usar un sincrotrón en sus experimentos). Para ilustrar este punto, en el caso de Australia (esto es solo un promedio de demanda de todas las líneas de experimentación, en realidad hay líneas de experimentación que tienen mayor demanda que otras) en el año 2013 hubo 1,594 científicos que utilizaron el sincrotrón de un total de 1,913 solicitudes. Desde el 2010 hasta Junio del 2015, el sincrotrón Australiano ha tenido un promedio de 600 usuarios nuevos. Este crecimiento ha sido consistente y ha ampliado la base de usuarios potenciales substancialmente. Hay que hacer notar que usamos este “optimo de operación” como una ilustración solamente, ya que en realidad el sincrotrón requiere de “tiempos muertos” para realizar operaciones de mantenimiento preventivo, correctivo, de mejoras a las instalaciones en operación y por cuestiones de seguridad.

Los indicadores de desempeño son:

- a) Promedio de la sobredemanda de tiempo sincrotrón
- b) Sobredemanda de tiempo sincrotrón por línea de experimentación
- c) Porcentaje de utilización de las líneas de experimentación por la industria
- d) Número de convocatorias al año para presentar proyectos de investigación
- e) Número total de usuarios por año

Indicador/ sincrotrón	Alba	LNLS	Australiano
Promedio de sobredemanda de tiempo sincrotrón	140%	40%	180%
Porcentaje de utilización de las líneas de experimentación por la Industria	N/A	N/A	20%
Número de convocatorias al año para presentar proyectos de investigación	2	2	3
Número total de usuarios por año	1200	1000	1594

Cuadro 23 Indicadores de desempeño demanda de usuarios

11.3 Resultados de la investigación

Estos indicadores son los más utilizados por los sincrotrones en operación y se pueden clasificar en 3 sub-grupos: académicos, económicos y de reconocimiento internacional. Hay que subrayar que estos reconocimientos internacionales se refieren a *cualquier* tipo de experimento llevado a cabo en *cualquier* tipo de sincrotrón de segunda o tercera generación:

a) Académicos:

- Beneficios en la academia para incrementar la formación de recursos humanos altamente capacitados: doctorados, posdoctorados, maestrías, licenciaturas, preparatorias, internacionales.
- Para incrementar la reputación académica de la institución y de los científicos llevando a cabo la investigación: premios internacionales y nacionales, publicación de artículos en revistas científicas, artículos científicos de alto impacto.

Indicador/ sincrotrón	% Alba (2013)	LNLS	Australiano
Doctorado	11%	N/A	N/A
Maestría	34%	N/A	N/A
Universidad	22%	N/A	N/A
Preparatoria	11%	N/A	N/A
Internacionales	22%	N/A	N/A
Total número de estudiantes	107	N/A	500

Cuadro 24 Proporción de visitantes por nivel de estudios

b) Económicos:

- Propiedad Intelectual: Número de patentes registradas por investigación
- Ingresos propios derivados de actividades comerciales externas o de fondos privados en relación al ingreso vía subsidio, donaciones, o de fondos públicos para la investigación.

Indicador/ Sincrotrón	% Alba (2013)	LNLS (2013)	Australiano
Promedio de patentes registradas por experimento	N/A	N/A	1
Ingresos propios (comercial externo)	9%	3%	3.6%

Cuadro 25 Patentes e ingresos propios

c) Reconocimiento Internacional:

El sincrotrón es una verdadera fábrica de Premios Nobel. Hay 21 Premios Nobel asociados a una diversidad de experimentos, física de partículas y multidisciplinarias usando un sincrotrón:

No. de Premios Nobel	Científicos	Sincrotrón	Año otorgado	Tema de investigación
2	Brian Kobilka, Robert Lefkowitz	Argonne Photon Source (APS)	2012	Estructura y funcionamiento del complejo de proteínas en la superficie de las células humanas
3	Ada Yonath, Venkatraman Ramakrishnan, Thomas A. Steitz	Cornell High Energy Synchrotron Source (CHESS)	2009	Estructura y funcionamiento de las ribosomas
3	Osamu Shimomura, Martin Chalfie, Roger Tsien	National Synchrotron Light Source (NSLS)	2008	Descubrimiento y desarrollo de la proteína fluorescente GFP
1	Roger D. Komberg	Stanford Synchrotron Light Source (SSRL)	2006	Determinación de como el cuerpo lee el ADN
2	Peter Agre, Roderick Mackinnon	NSLS Y CHESS	2003	Determinación de la estructura de los canales iónicos en membranas celulares
2	Sir John E. Walker, Paul Boyer	CHESS	1997	Determinación del mecanismo enzimático responsable de la síntesis de ATP
3	Johann Deisenhofer, Robert Huber, Hartmut Michel	Synchrotron Radiation Source (SRS)	1988	Determinación de la estructura tridimensional de los centros de reacción fotosintética
2	James Cronin, Val Fitch	Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC)	1980	Descubrimiento de las violaciones CP mediante experimentos con kaones
2	Alan M. Cormack, Sir Godfrey N. Hounsfield	Varios	1979	Desarrollo de una tomografía con base en un modelo computacional
2	Samuel C. C. Ting, Burton Richter	RHIC y Stanford Linear Accelerator Center (SLAC)	1976	Descubrimiento del mesón J/ψ (J/Psi)
1	Max Perutz	Cavendish Laboratory (Cambridge)	1962	Uso de cristalografía de rayos X para determinar la estructura de la hemoglobina

Cuadro 26 Premios nobel asociados al sincrotrón

11.4 Impacto económico y social

Esta área de evaluación de desempeño es muy nueva y se basa en estimaciones de los investigadores sobre:

- El impacto económico directo a una empresa en particular
- El indirecto a una industria o un sector económico, académico (formación de recursos humanos altamente capacitados)
- El impacto social (una persona o un grupo de personas en particular) o indirecto (la sociedad en su conjunto).

Este último tipo de indicadores son muy importantes porque muestran la contribución de los megaproyectos científicos para elevar el estándar de vida de toda una población y contribuir al crecimiento económico de un país. Desafortunadamente, muy pocos sincrotrones calculan un valor económico relacionado a cada investigación porque o carecen de la metodología para hacerlo o por razones comerciales.

De los sincrotrones estudiados, el sincrotrón australiano es el que tiene indicadores de desempeño más definidos y elabora estudios de impacto económico específicos.

11.4.1 Impacto económico y social de proyectos llevados a cabo en el sincrotrón Australiano

A manera de ejemplo, a continuación enlistamos 14 de un total de 150 proyectos que están generando o generaran un gran valor económico y social en Australia y el resto del mundo. Es importante recalcar que muchos de estos descubrimientos científicos podrían también satisfacer las necesidades de México en cada materia.

	Proyecto	Beneficio Directo	Beneficio Indirecto	Valor a la Sociedad/ Industria
1	Reducir la mortalidad en bebés prematuros durante su transición para respirar aire al nacer. La mayoría de los bebés con menos de 28 semanas de gestación tienen problemas respiratorios	Familias con bebés prematuros. En Australia nacen 16,000 bebés prematuros al año. El índice de sobrevivencia de los bebés que alcanzan 28 semanas de gestación es 80%		Bienestar familiar y societario
2	Identificación de las variedades de granos que retienen su nivel nutricional después de ser procesados	Nutricional: La mayoría de los granos consumidos en Australia son procesados	Industria alimentaria. La Industria de granos genera ingresos de \$7 billones de dólares anualmente	Incremento en la calidad de vida Seguridad de alimentos Mejor estado de salud de la población
3	Minimización del impacto de los suelos ácidos en la Industria pesquera		Industria pesquera: Perdidas por \$200 millones de dólares anualmente	Mayor producción pesquera Protección al medio ambiente
4	Manera como los bebés prematuros ingieren leche	Industria lechera: Desarrollo de productos lecheros para bebés prematuros	La industria lechera tiene ingresos de \$13 billones de dólares anualmente y contrata a 43000 personas	Mejor estado de salud de la población
5	Identificación del lugar óptimo para colocar el auxiliar auditivo Cochlear	Cochlear es una empresa con ingresos de \$800 millones de dólares anualmente	La población que usa aparatos auditivos podrá recibir una mayor experiencia auditiva	Incremento en la calidad de vida Fortalecimiento de la Industria
6	Productividad en la Industria del borrego (para mejorar la resistencia y las aplicaciones comerciales de la piel de borrego)		Ingresos por \$118 millones de dólares adicionales al año para la Industria del Borrego en Australia y \$156 millones adicionales en Nueva Zelanda	Beneficios económicos al país
7	Mejora de las probabilidades de éxito de Fertilización In Vitro (IVF)	Familia podrán incrementar sus probabilidades de procrear a través de IIVF	La Industria de IVF tuvo ingresos en Australia por \$600 millones de dólares en el 2013	Australia es el segundo país del mundo que utiliza técnicas de IVF. La Industria crece a un ritmo promedio de

				8% al año.
8	Prueba barata para identificar a las personas que contrajeron malaria		Malaria: Afecta a 300 millones de personas al año, 1.2 millones mueren de esta enfermedad	Incremento en la calidad de vida
9	Certificación del origen de obras de arte		El mercado del Arte tuvo ventas por 66 billones de dólares en todo el mundo en 2014	Reducción de la comercialización de obras de arte falsificadas
10	Producción de cemento con una menor huella ambiental (cemento ecológico)	Ingresos estimados en \$100 millones de dólares derivados del cemento ecológico	La Industria cementera en Australia tiene ventas por \$1.5 billones de dólares al año. Globalmente el mercado se estima en \$150 billones de dólares al año	Protección al medio ambiente
11	Nano coloración de la lana de Merino		Industria de la lana en Australia tiene ventas por 1.9 billones de dólares al año	Fortalecimiento de la Industria
12	Desarrollo de hilos de lana más resistentes y suaves		Industria de la lana en Australia tiene ventas por \$1.9 billones de dólares al año	Fortalecimiento de la Industria
13	Uso de pequeñas muestras de suelo para casos criminales en donde el ADN no está presente	Identificación de culpables en casos de homicidio	Evidencia admisible en casos criminales	Procuración de Justicia
14	Análisis de arte prehistórico aborígen usando técnicas no invasivas		Avances en Arqueología y Antropología	Mayor conocimiento de las poblaciones prehistóricas en Australia

Cuadro 27 Beneficios económicos y sociales sincrotrón australiano

11.6 Otros Estudios de Impacto Económico y Social de sincrotrones en el mundo

Cada sincrotrón en algún momento de su existencia ha producido por razones científicas, legales o de legitimización un estudio de impacto social y económico. En

esta sección analizamos tres de las evaluaciones económicas o de coste-beneficio que consideramos metodológicamente más representativas.

11.6.1 Sincrotrón de Daresbury, Inglaterra (SRS)

Este estudio de impacto social y económico del sincrotrón inglés fue llevado a cabo en el 2009 por el Science and Technology Facilities Council (STFC), fue parte de un revisión a posteriori del sincrotrón SRS que cerró sus puertas en Agosto del 2008, después de 28 años de operación. El SRS fue reemplazado por el Diamond, un sincrotrón de tercera generación que empezó operaciones en el 2007.

El STFC definió como impacto económico:

“Una acción o una actividad tiene un impacto económico cuando afecta el bienestar de los consumidores, las ganancias de las empresas o el ingreso del gobierno. Los impactos económicos varían de aquellos que son cuantificables, en relación a mayor bienestar, precios más baratos, más ingresos; hasta aquellos que son menos cuantificables como el efecto en el medio ambiente, la salud pública o la calidad de vida”.⁴²

El estudio analizó en impacto del sincrotrón en cinco áreas:

1. Impacto científico: influencia en la comunidad de sincrotrones

- Millones de horas haciendo ciencia sobre enfermedades, cambio climático, nuevas medicinas, artefactos históricos etc.
- 5000 artículos académicos, 10 de alto impacto
- 80,000 citaciones
- Descubrimiento de 1200 estructuras de proteínas

⁴² The Social & Economic Impact of the Daresbury Synchrotron Radiation Source (1981-2008), Science and Technology Facilities Council, UK (2009)

- Un premio nobel
 - El SRS es considerada entre los 70 sincrotrones en operación en 2008 como una facilidad ejemplar que ha ayudado a que el 50%de los sincrotrones en el mundo operen óptimamente
2. Impacto en capacitación: habilidades, conocimientos y capacidades técnicas
- 11,000 usuarios provenientes de 25 países
 - 4,000 doctorados y 2,000 postdoctorados
 - 500 estudiantes hicieron sus experiencias de trabajo y hubo 110 personas hicieron practicas profesionales.
 - 6000 visitas del público y de escuelas por año
 - Desarrollo interno de habilidades y tecnologías en aceleradores detectores, software, sistemas de seguridad, etc.
 - Desarrollo de la capacidad interna para desarrollar nuevas facilidades de este tipo
3. Comercialización, desarrollo de tecnologías y uso por la Industria
- 200 clientes exclusivos.
 - 11 de las 25 compañías más importantes en Inglaterra forman parte de los grupos de diseño e investigación del SRS: ICI, BP, Unilever, Shell, GSK, AstraZeneca and Pfizer.
 - Desarrollos tecnológicos en alianza con la industria.
 - La industria ganó contratos por 300 millones de libras esterlinas como consecuencia directa del trabajo desarrollado en el SRS
4. Financiero y en la creación de empleos
- £468 millones de libras gastados en el área local
 - 230 trabajadores empleados durante la vida en operación del SRS

- Creación de 300 negocios locales para la provisión de bienes y servicios
 - Gasto inducido e indirecto por gasto y empleo local de £357 millones (usando el multiplicador económico para diseño e investigación del R&D del 1.84)
 - Desarrollo de un grupo de industrias de tecnología de punta
 - Desarrollo de una masa crítica de expertos
 - El SRS fue el imán para crear el parque de ciencia y tecnología en Daresbury
5. Logros como miembro del grupo inglés de instalaciones para la investigación científica
- El impacto del SRS para la economía de Inglaterra, para mejorar la calidad de vida de la población y para la ciencia y tecnología del país, fue de gran importancia.
 - Uno de sus legados principales fue que, con un gran apoyo del mundo político, la industria y la academia en Inglaterra, se aprobaron los fondos financieros necesarios para construir a su sucesor: el sincrotrón Diamond, instalación científica que sigue continua construyendo sobre el legado del SRS.

11.6.2 Alba, España

En el 2003, el equipo Alba comisionó un estudio de impacto económico. El estudio fue dirigido por José García Montalvo de la Universitat Pompeu Fabra, tenía el objetivo de medir la derrama económica que se generaría en la zona que hospedaría el sincrotrón. El estudio se titula de “Análisis Coste Beneficio y Estudio de Impacto Económico de una

Fuente de Luz de sincrotrón en el Vallès Occidental". Los resultados económicos principales arrojados por este estudio fueron muy positivos:

- El impacto de la fase de construcción sobre la producción española alcanzará los 266 millones de euros de 2003, el valor añadido aumentará en 140 millones de euros y se generarán una media anual de 463 empleos.
- Durante la fase de funcionamiento el impacto sobre la producción será de 735 millones de euros, mantendrá una media anual de 257 empleos. El valor añadido aumentará en 417 millones de euros por el efecto de los gastos de funcionamiento.
- En el conjunto del período de construcción y funcionamiento, el impacto sobre la producción será de 1.001 millones de euros; mientras el impacto sobre el valor añadido será de 557 millones y el empleo medio anual ponderado alcanzará los 297 puestos de trabajo⁴³.

En Noviembre del 2010, Montalvo y Raya de la Universitat Pompeu Fabra elaboraron un reporte más amplio en donde incluyen el coste- beneficio y el impacto económico en todo el país generado por el Alba, denominado *La Fuente de Luz De sincrotrón Alba- Análisis Coste Beneficio y Estudio de Impacto Económico*⁴⁴. Los autores adoptaron los principios metodológicos básicos contenidos en el documento *Guide to cost benefit análisis of investment projects*⁴⁵ preparado por la Unidad de

⁴³ Montalvo, J.G. y otros (2004). *Análisis Coste Beneficio y Estudio de Impacto Económico de una Fuente de Luz de sincrotrón en el Vallès Occidental*. Universitat Pompeu Fabra ,Barcelona, Espana. Enero del 2004

⁴⁴ Montalvo, J.G y Raya. ,J. (2010). *Fuente de Luz De sincrotrón Alba- Análisis Coste Beneficio y Estudio de Impacto Económico*. Universitat Pompeu Fabra ,Barcelona, España. Noviembre del 2010

⁴⁵ EC (2014). *Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*, European Coimmission, December 2014 (La versión utilizada en el análisis fue la del 2008)

Evaluación de la DG de Política Regional de la Comisión Europea en el 2008 (la nueva versión de este documento fue publicada en Diciembre del 2014).

Asumieron las siguientes premisas para el análisis del costo-beneficio:

- Considera un período de funcionamiento de 25 años, tras la finalización de la construcción.
- El escenario básico considera una tasa de inflación del 2,5%, una tasa de descuento del 4%, 230 días de apertura anual de la instalación y 5 años hasta su saturación.

Los principales resultados del costo-beneficio fueron muy positivos con tasas internas de rendimiento y de rentabilidad por arriba del mercado:

- El análisis financiero en el escenario básico resulta en un valor actualizado neto de 78,4 millones de euros, una tasa interna de rendimiento del 6,4% y una proporción beneficio sobre coste de 1,18.
- El análisis de sensibilidad ante cambios de la tasa de inflación, los días anuales de apertura y los años hasta la saturación muestra una horquilla de variación de la tasa interna de rendimiento, entre el 5,3% y el 7,2%.
- El análisis económico tiene en consideración correcciones de los resultados financieros para tener en cuenta la fiscalidad, las externalidades, el ahorro de tiempo y la conversión en precios de mercado de bienes y servicios adquiridos en condiciones no competitivas.
- El análisis económico en el escenario básico proporciona un valor actualizado neto de 147,7 millones de euros, una tasa interna de rentabilidad del 7,9% y una proporción beneficio sobre coste de 1,35.

El modelo definió los siguientes supuestos para el análisis de impacto económico:

- La metodología adoptada es el modelo input-output, usando una matriz de contabilidad social para calcular separadamente los impactos directos, indirectos e inducidos.
- Se considera el impacto económico sobre tres magnitudes: producción, valor añadido y empleo.
- Se distinguen dos fases: el período de construcción (2003-2010) y el período de funcionamiento (2011-2035).

Los principales resultados del impacto económico fueron también muy positivos en términos de los aumentos en la producción y en la generación empleo:

- El impacto de la fase de construcción, sobre la producción española, ha alcanzado los 301 millones de euros en 2010, el valor añadido ha aumentado en 140 millones de euros y se han generado una media anual de 447 empleos.
- Durante la fase de funcionamiento el impacto sobre la producción será de 896 millones de euros; manteniéndose una media anual de 269 empleos. El valor añadido aumentará en 414 millones de euros por el efecto de los gastos de funcionamiento.
- En el conjunto del período de construcción y funcionamiento, el impacto sobre la producción será de 1,199 millones de euros; mientras el impacto sobre el valor añadido será de 554 millones y el empleo alcanzará los 716 puestos de trabajo.

Estos resultados indican que el beneficio generado por el sincrotrón está muy por arriba de la inversión necesaria para construirlo y operarlo.

11.6.3 CLS Canadá

El CLS es el centro nacional para la investigación con sincrotrón, es un líder en su ramo y un centro de excelencia reconocido mundialmente en la ciencia relacionada al sincrotrón y sus aplicaciones. Está localizado en la Universidad de Saskatchewan, campus Saskatoon. El CLS ha recibido a más de 4,600 usuarios de instituciones académicas, gobiernos y la industria. Desde el 2005, el sincrotrón ha llevado a cabo más de 15,000 turnos experimentales para los usuarios provenientes de Canadá y otros 18 países.

En Noviembre del 2011, la fuente de luz de sincrotrón Canadiense (CLS) presentó los resultados de un estudio de impacto económico que le comisionó a la empresa Insigtrix Research. El estudio se basó en un modelo que estimó la derrama económica en el país y una encuesta dirigida a los usuarios del sincrotrón. Este estudio concluyó:

“El CLS está contribuyendo fuertemente a la economía, local, provincial y nacional del país, y ha demostrado dividendos en la inversión en términos de investigación académica e industrial y para la capacitación de la próxima generación de científicos”.⁴⁶

Impacto Económico:

- Las operaciones del CLS contribuyeron con \$90 millones de dólares al producto interno bruto de Canadá. Por cada dólar gastado en la operación del CLS, se han generado otros tres dólares a la economía de dicho país.
- Las operaciones del CLS contribuyeron en \$33 millones al PIB de la provincia de Saskatchewan.

⁴⁶ <http://www.lightsource.ca/index.php>

- Los usuarios del sincrotrón contribuyeron en el 2010 con \$1 millón de dólares a la economía local.

Investigación Académica/Gobierno:

- Más del 98% de los usuarios que respondieron la encuesta indicaron su intención de regresar al CLS para continuar sus investigaciones y planeaban solicitar más tiempo-maquina.
- La investigación académica llevada a cabo en el CLS en el 2010, genero 130 artículos publicados en revistas científicas y a hasta el año 2011, la capacitación de 500 personas altamente preparadas (con doctorados y post-doctorados).
- Los académicos que respondieron a la encuesta estimaron que en el 2010, el valor de la investigación que realizaron ascendió a \$28 millones de dólares más \$2.5 millones adicionales relacionados a la capacitación de post-doctorados y doctorados. Esto incluye el valor de nuevas invenciones por más de \$12 millones de dólares y nuevos productos y procesos por \$15.5 millones de dólares.
- Durante el 2010 el CLS recibió a 577 usuarios durante un total de 1236 visitas.
- De los 577 usuarios, en el 2010, 305 fueron usuarios, por primera vez, provenientes del sector de investigación industrial.

Investigación Industrial:

- Dos tercios de los clientes industriales usan exclusivamente el CLS cuando requieren utilizar un sincrotrón.
- La investigación Industrial se enfocó, en orden jerárquico descendiente, en investigación básica, precompetitiva en diseño e investigación, trabajos en apoyo

a los reglamentos de protección ambiental (minería), desarrollo de nuevos productos y pruebas de productos y pruebas no destructivas de muestras.

- El valor de los proyectos para los clientes del sincrotrón ascendieron a \$15 millones en los años fiscales del 2009-2011.
- Durante el período evaluado (2005-2010), el CLS trabajo con 56 clientes y atrajo \$330,000 en ingresos propios.

Investigaciones sobresalientes:

- Producción de isótopos médicos, los cuales se utilizan en 20 millones de procesos de diagnóstico anualmente.
- Detección oportuna del cáncer hereditario de mama: Más de 23,000 nuevos canceres de mama fueron identificados en Canadá en 2011. Los investigadores del CLS están llevando a cabo experimentos sobre un raro tipo de cáncer que ataca a las mujeres entre 20 y 30 años de edad.
- Minería y el medio ambiente: Investigación del efecto del Selenio en el medio ambiente.
- Mejoramiento del grafeno: Este fue el tema del premio nobel de física en el 2010. El grafeno está considerado como un material “milagroso”, es una hoja molecular de átomos de carbono que tiene una excelente conductividad eléctrica y térmica. Tiene usos potenciales en varios campos, desde el electrónico hasta el de las celdas solares.

11.6.4 Estudios de impacto económico en parques tecnológicos, laboratorios nacionales o conglomerados de centros de investigación

Muchos gobiernos o entidades reguladoras de centros de investigación científica llevan a cabo estudios de impacto económico periódicos para monitorear el desempeño de

estas instalaciones científicas, que en su mayoría están conglomeradas en regiones de alta tecnología y forman lo que se conoce comúnmente como “Laboratorios Nacionales o Parques tecnológicos”. Aunque las metodologías utilizadas son similares a las que se han aplicado en el estudio de sincrotrones, el impacto económico es mucho más visible.

Si México sigue la tendencia mundial de usar el sincrotrón como un imán para atraer otros centros de investigación e industrias con tecnologías de punta los resultados de estos estudios servirán como punto de partida para medir los beneficios potenciales de crear un parque tecnológico. En esta sección seleccionamos dos de estos estudios que incluyen la evaluación de infraestructuras científicas en donde hay, por lo menos, un sincrotrón en operación.

11.6.4.1 Laboratorio Nacional de Brookhaven (BNL)

En el año 2005, el laboratorio de Brookhaven comisionó al consultor económico Dr. Pearl M. Kamer⁴⁷ para que llevara a cabo un estudio del impacto del laboratorio en la economía del estado de Nueva York. Brookhaven es uno de los 10 laboratorios nacionales financiados por la oficina de ciencia del Departamento de Energía de los Estados Unidos. Está compuesto por varias mega-estructuras científicas, el laboratorio incluye el sincrotrón NSLS, un segundo sincrotrón NSLS-II (bajo diseño y construcción en el momento del estudio), el Centro Funcional para Nanomateriales (CFN), el Colisionador relativístico de partículas de Ion pesado, el Brookhaven Centro para Neuroimágenes, el Centro de Ciencia Computacional y programas nacionales sobre el medio ambiente, contra-terrorismo y desarrollo de la fuerza de trabajo y educación. Los resultados del estudio fueron impresionantes:

⁴⁷ Kamer, P. (2005). *The Economic Impact of Brookhaven National Laboratory On the New York State Economy*. New York, USA October 2005.

El Laboratorio de Brookhaven National es uno de los 5 empleadores de alta tecnología más grandes de Long Island, con 2,750 empleados, que en su mayoría son científicos, técnicos e ingenieros.

En los años fiscales del 1993-2003, el Laboratorio inyectó a la economía del estado de Nueva York más de \$4.76 billones en gasto directo. Esto incremento la producción de bienes y servicios por casi \$9.2 billones, y creo 79,000 trabajos secundarios en el estado.

El gasto proyectado de los años fiscales del 2005 al 2014 fue de \$5.6 billones de dólares. Esto incluye \$4.7 billones de dólares en gasto operativo y equipo y aproximadamente \$864 millones en gastos de construcción. Más de 91,000 trabajos serán creados en el estado y, virtualmente, todas las industrias incluyendo algunas de las industrias manufactureras más importantes, serán beneficiadas por ese gasto. Otros indicadores importantes son

- BNL recibe 3,500 visitas de científicos anualmente.
- Más del 30% de estos científicos provienen de Universidades y empresas de Nueva York.
- De las 162 invenciones en los últimos 15 años (1990-2005), 96 obtuvieron licencias de producción y 63 fueron comercializadas en los campos de biología molecular, productos farmacéuticos, instrumentación, tecnologías del medio ambiente, electrónica etc.
- La investigación en BNL ha mejorado la eficiencia del aceite y ahorró más de \$6 billones en la década de 1995 a2005, beneficiando 10 millones de hogares y negocios en los Estados Unidos que usan aceite caliente.

11.6.4.2 El Consejo de Facilidades de Ciencia y Tecnología de Inglaterra (STFC)

El STFC produce anualmente un reporte sobre los impactos económicos generados por sus instalaciones científicas. En ellas incluye al sincrotrón Diamond.

El STFC indica que estas instalaciones juegan un papel muy importante en la sociedad del conocimiento, para crear trabajos y para generar crecimiento económico a través de:

- Invertir en ciencia y tecnologías de punta.
- Apoyar investigación inter-disciplinaria.
- Conectar la Industria con la academia y la investigación.

Con base en esto y como punto de referencia para su evaluación económica, desde el 2010 categorizaron estos impactos en tres rubros, los principales resultados por cada categoría son los siguientes:

1. Investigación de clase mundial

Los científicos ingleses están entre los mejores del mundo, tomando como referencia el número de citas científicas que reciben, particularmente en las áreas de astronomía, física nuclear, y física de partículas (Diamond, ESRF).

Contribuciones a la producción del automóvil de hidrogeno (mercado valuado en 161 billones de libras esterlinas para el 2050.

Investigaciones para la detección de las fases tempranas de enfermedades de los ojos, para resolver resistencias a los antibióticos y para capturar y almacenar carbono; esta última apoya a Inglaterra para cumplir con sus metas de emisión de gases de invernadero.

2. Innovación de clase mundial

En sus instalaciones para la investigación hospedan a 230 empresas en donde trabajan más de 5000 personas. En 2014, las compañías de tecnología “Sci-Tech

Daresbury” crearon más de 100 trabajos y lograron 52 millones de libras esterlinas en ventas, atrajeron 97 millones en inversión y desarrollaron 97 nuevos productos.

3. Habilidades de clase mundial

En 2013, las solicitudes para estudiar física aumentaron en un 7%. Entre el 2008 y el 2013 han tenido un 64% de aumento en solicitudes para aprender esta disciplina.

Los investigadores inspiran a las futuras generaciones para estudiar en el ramo de las científicas, tecnológicas, ingenieriles y matemáticas. En el 2014, con la difusión de sus actividades, llegaron a 18,000 maestros, 91,000 estudiantes de primaria y a 243,000 de secundaria y a 1.1 millones de personas en general.⁴⁸

El Reporte anual del STFC contiene varios ejemplos específicos en cada una de las categorías. Los indicadores son los que generalmente ya hemos cubierto en otras evaluaciones analizadas en esta capítulo.

11.6.4.3 Otros estudios relevantes en relación a la evaluación de mega-infraestructura científica asociada a la familia de los aceleradores

En Junio del 2014 la OECD publicó el Reporte *The Impacts of Large Research Infrastructures on Economic Innovation and on Society: Case Studies at CERN* en donde analiza cualitativamente una serie de casos en donde la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN por sus siglas en inglés), sin formar parte de sus objetivos principales, ha contribuido al avance para combatir el cáncer usando terapias

⁴⁸ *STFC Impact Report 2014*, Science and Technology Facilities Council, UK

basadas en hadrones. El estudio también presenta información sobre el impacto económico del CERN en la economía del mundo⁴⁹.

Conclusiones

Todos los estudios de impacto económico o de coste-beneficio analizados coinciden en los siguientes puntos:

- Los estudios de impacto económico y social publicados hasta la fecha (Marzo del 2015), indican que las infraestructuras científicas como los sincrotrones juegan un papel importante para estimular el crecimiento económico de un país, mejorar la calidad de vida de sus habitantes y avanzar en la sociedad del conocimiento.
- Hasta la fecha no se ha publicado ningún estudio que presente resultados negativos económicos o sociales en cuanto a la construcción y operación de sincrotrones.
- Sería deseable empezar a trabajar en el desarrollo de indicadores de desempeño y de impacto económico que reflejen las mejores prácticas mundiales y que puedan ser utilizados por la administración de los sincrotrones para empezar a medir y evaluar comparativamente la eficiencia y eficacia entre sincrotrones.

12. Análisis comparativo FDOT de 5 casos de sincrotrones en el mundo (Brasil, España, Jordania y Australia)

⁴⁹ OECD (2014). *The Impacts of Large Research Infrastructures on Economic Innovation and on Society: Case Studies at CERN*. OECD. June 2014

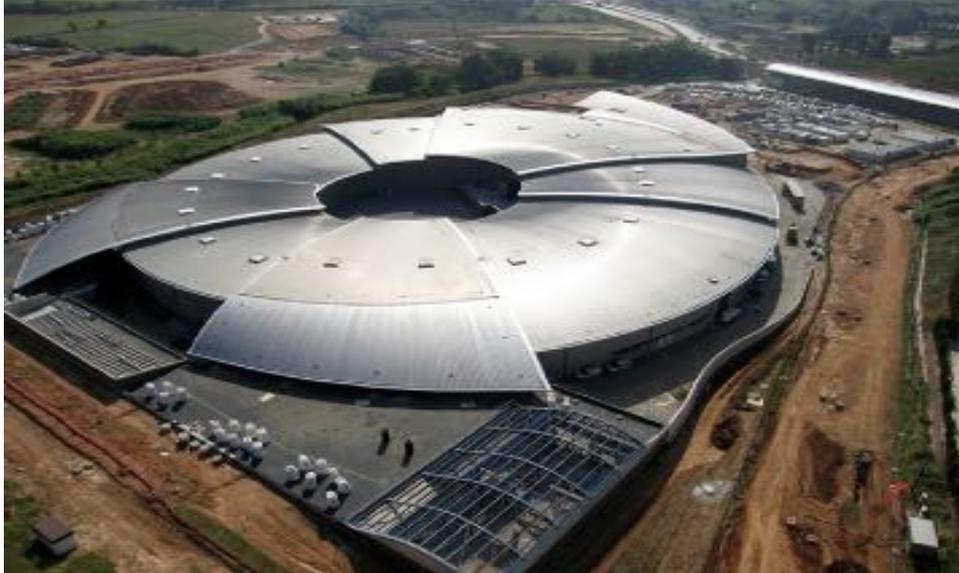
En esta sección analizamos individualmente a cinco sincrotrones en vías de operación o que ya están operando en el mundo; el objetivo de revisar y comparar las estrategias seguidas por sus respectivos líderes científicos para construir un sincrotrón en sus propios países. Al final de esta sección se presenta un resumen de las lecciones aprendidas, estrategias de éxito, los desafíos enfrentados y un análisis con base en la técnica FDOT. Entre las fuentes de información para este estudio se consideraron:

- a) Información contenida en las páginas de internet de los sincrotrones seleccionados así como en la de la comunidad de sincrotrones.
- b) Análisis de los estudios realizados por los equipos científicos y administrativos para determinar la viabilidad de sus respectivos proyectos.
- c) Entrevistas con los directores generales de cada sincrotrón, su equipo científico, técnico y administrativo.
- d) Entrevistas con científicos que han trabajado en una variedad de sincrotrones y que tienen una visión más amplia de los desafíos que implica la fase de aprobación, diseño, construcción y operación de un sincrotrón.
- e) Políticos involucrados en la aprobación del sincrotrón.

Selección de casos

Los cinco sincrotrones seleccionados representan modelos diferentes de concebir estrategias y procesos para la aprobación, diseño, construcción y operación de un Sincrotrón. Estos sincrotrones tuvieron también una génesis diferente y su aprobación fue el producto de contextos políticos, económicos y científicos únicos:

- Sincrotrón ALBA⁵⁰: entró en operación en 1990, liderado por el Profesor Ramón Pascual, científico de gran renombre en España y con sólidas y extensas relaciones en el círculo político del país y en la administración de Cataluña.



Imágen XI Sincrotrón Alba

- Sincrotrón LNLS⁵¹ y Sirius⁵²: inició en 1983 por científicos en la región de Sao Paulo, liderado por el Profesor Cylon Da Silva, este investigador también contaba con un gran perfil científico y con fuertes relaciones en el mundo político de Brasil. En el 2011, Brasil inició la construcción de su segundo Sincrotrón, Sirius, que será construido contiguamente al LNLS (se estima que entre en operación a finales del 2015).

⁵⁰ <http://www.cells.es/en>

⁵¹ <http://lnls.cnpem.br>

⁵² <http://lnls.cnpem.br/sirius-new-brazilian-synchrotron-light-source/>



Imágen XII Sincrotrón Sirius

- Sincrotrón SESAME⁵³, es un proyecto que fue concebido desde la década de los años ochenta y que inició en 2004, es impulsado por científicos del medio oriente de gran renombre como el Premio Nobel Pakistani, Abdus Salam, y apoyado por el CERN (Organización Europea para la Investigación) y el MESC Cooperación Científica en el Medio Oriente, encabezada por Sergio Fubini. Este ambicioso y complejo proyecto está siendo desarrollado en un contexto político y geográfico complejo; en él participan científicos de Israel, Egipto e Irán, entre otros.

⁵³ <http://www.sesame.org.jo/sesame/>);



Imágen XIII Sincrotrón SESAME

- Sincrotrón Australiano:⁵⁴ Iniciado en 1989; este proyecto fue apoyado por una variedad de organizaciones científicas de Australia (Australian Academy of Science, Australian Science and Technology Council, etc). Este proyecto fue aprobado oficialmente en el 2001; el exGobernador del Estado de Victoria, Steve Bracks, fue el líder de este proyecto. John Brumby ex tesorero y sucesor político de Bracks dio continuidad al proyecto. Es importante mencionar que este proyecto fue impulsado por una figura política, en contraste con lo observado en otros sincrotrones, los cuales fueron promovidos principalmente por miembros de la comunidad científica.

⁵⁴ <http://www.synchrotron.org.au>



Imágen XIV Sincrotrón australiano

12.1 Sincrotrón ALBA

Este análisis se alimentó de las entrevistas realizadas, en las instalaciones del sincrotrón ALBA, con sus directivos, personal científico, técnico y administrativo, el 13 y 14 de mayo del 2014. Le agradecemos la generosidad del tiempo que nos otorgaron las siguientes personas:

- Ramón Pascual, Presidente
- Caterina Biscari, Directora
- Gastón García, Sub-director
- Alejandro Sánchez, Director Asociado
- Salvador Ferrer, Director Asociado
- Mariano Sazatornil, Jefe de División - Administración
- Montserrat Pont, Experta en Aceleradores
- Enric Vinyals, Secretario Ejecutivo

12.1.1 Cronología

1990	Profesor Ramón Pascual y otros renombrados científicos empiezan la tarea de conseguir fondos para construir el primer sincrotrón español.
1992	Estudio de viabilidad <i>El Laboratorio de Sincrotrón de Cataluña</i> elaborado por Joan Bordas y otros científicos renombrados, entre ellos Jordi Pascual y Ramón Pascual.
1993	Debate público con la comunidad científica española para crear unidad en torno al proyecto.
2001	Informe Abela: <i>La evaluación de las necesidades, de las oportunidades científicas y del impacto socio-económico de una Fuente de Luz de Sincrotrón en España.</i>
2002	La administración de España y la de Cataluña aprobaron la construcción de un sincrotrón en la zona de Cerdanyola del Vallès.
2003	Estudio de impacto económico dirigido por José García Montalvo de la Universitat Pompeu Fabra <i>Análisis Coste Beneficio y Estudio de Impacto Económico de una Fuente de Luz de Sincrotrón en el Vallès Occidental.</i>
2004	Se crea la asociación de usuarios del sincrotrón (AUSA)
2011	Los aceleradores empezaron a producir los fotones necesarios para probar las líneas de experimentación.
2012	El ALBA comenzó a operar con 7 líneas de experimentación

Cuadro 28 Cronología sincrotrón Alba

12.1.2 Breve historia

En 1990 el Profesor Ramón Pascual inició, junto con otros científicos, la tarea de conseguir los fondos necesarios para la construcción del primer sincrotrón en tierras españolas. No fue una tarea fácil, les tomo 13 años para que las administraciones españolas y la de la región de Cataluña decidieran finalmente financiar este proyecto, la asignación de fondos fue por partes iguales. Entre los desafíos que encararon los promotores de esta iniciativa, resaltaron:

- Convencer a una comunidad científica nacional que no creía en la viabilidad de este proyecto y
- La falta de conocimiento y experiencia en España para construir y operar un Sincrotrón.

El proceso inicio oficialmente cuando en noviembre de 1992, se publicó un estudio de viabilidad denominado *El laboratorio de sincrotrón de Cataluña* elaborado por Joan Bordas y otros científicos renombrados, entre ellos Jordi Pascual y Ramón Pascual⁵⁵. Este estudio avalaba la construcción de un laboratorio de sincrotrón con un costo aproximado de 66 millones de euros (11,000 millones de pesetas) en un período de 10 años.

En 1993, el profesor Pascual y otros convocaron a la comunidad científica española para discutir con más detalle este proyecto. La respuesta no fue muy positiva. De acuerdo con el profesor Pascual, la comunidad se opuso firmemente a esta idea. Ramón Pascual nos comentó sobre la opinión, externada por uno de los científicos que se oponían, la cual resumía el desafío que enfrentaba su equipo de trabajo: “estas son

⁵⁵ Bordas, J. Y otros (1992). *The Synchrotron Laboratory Of Catalonia, Feasibility Study*, Barcelona, Spain, November 1992

tonterías, si tienen mucho dinero pues lo mejor fuese que se los diesen ya que no se tenía la capacidad (en España) para hacer un Sincrotrón”. Muchos científicos españoles con renombre compartían esta opinión.

Gastón García explicó que esta reacción negativa fue muy natural, dado que la cantidad que el gobierno invertía en investigación científica era muy pequeña, y esto generaba una gran competencia por recursos económicos en el medio científico. El Profesor Pascual indicó que en 1992 Suiza pasó por el mismo dilema, en donde dos Premios nobel apoyaban la construcción de un sincrotrón y otros dos se oponían. Para ilustrar la oposición al proyecto, el Profesor Pascual relató la historia de un científico catalán, amigo suyo, quien escribió un artículo donde decía que sí “... la luz del sincrotrón va a iluminar la ciencia española bienvenido sea, pero que no vaya a fundir los fusibles”. El Profesor Pascual le contestó que la idea era “no quitarle el dinero a nadie” sino incrementar la cantidad de recursos científicos disponibles. En aquel entonces, la comunidad científica española en el área del sincrotrón era muy pequeña, entre veinticinco y treinta personas, y resolvían sus problemas científicos viajando al extranjero. Incluso, algunos de ellos temían que podrían perder esta flexibilidad (y privilegio) para viajar al extranjero.

Ramón Pascual y otros científicos organizaron reuniones con personas clave y un sin número de eventos y actividades de difusión científica como estrategia para persuadir a la comunidad científica de que apoyara esta iniciativa. Esta etapa, de acuerdo al Profesor Pascual, fue muy dura ya que había científicos españoles de gran renombre que se oponían de manera activa al proyecto. La controversia llegó al punto en que se atacó directamente la reputación de los líderes de esta iniciativa.

El profesor Pascual comentó que en ningún momento dejó de poner presión a ministros, a la administración de España y Cataluña, para promover el proyecto, afortunadamente, su acceso personal a estas figuras políticas le facilitó esta tarea.

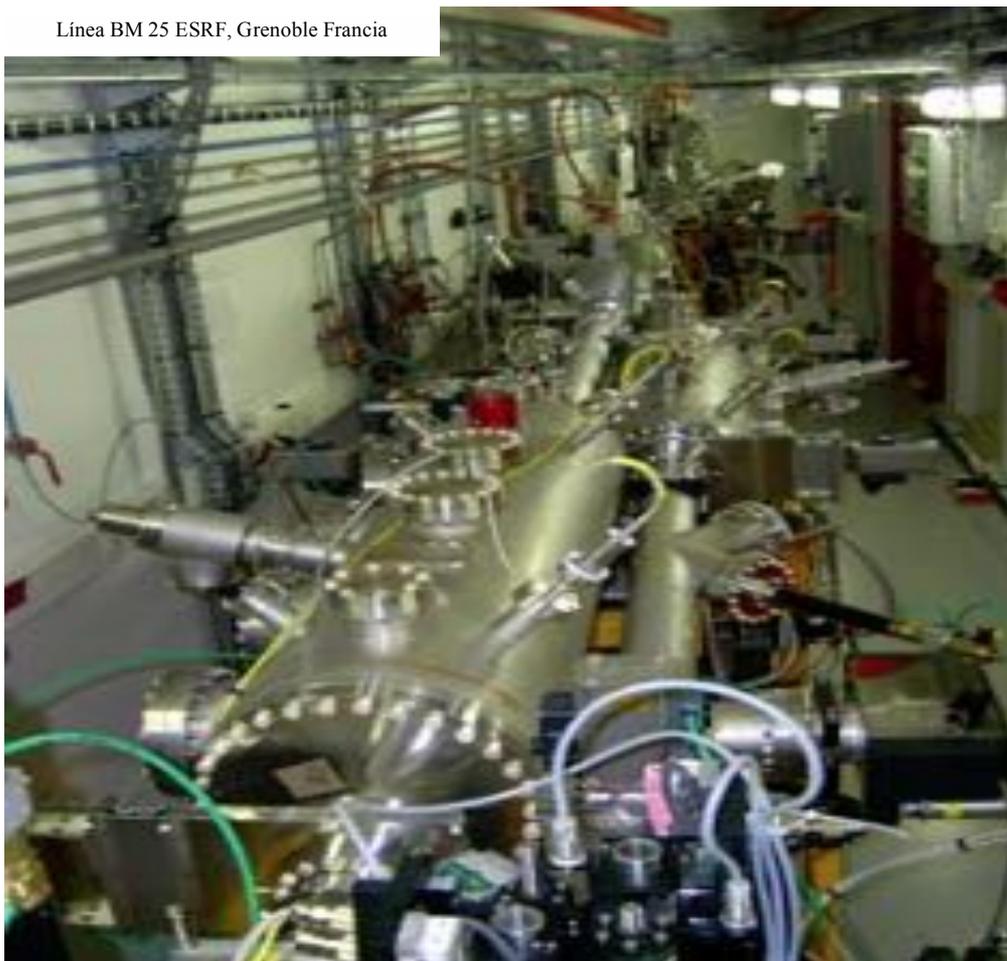
Un reporte de la Fundación de la Ciencia en Europa publicado en noviembre de 1998 apoyó la idea de construir un Sincrotrón en España⁵⁶.

En el año 2000 los vientos cambiaron de dirección, el Gobierno español comisionó un informe sobre “La evaluación de las necesidades, de las oportunidades científicas y del impacto socioeconómico de una Fuente de Luz de Sincrotrón en España”. Este reporte fue conocido como el Informe Abela, nombre del científico que lideró este proyecto. El reporte fue entregado el 26 de febrero del 2001 a las autoridades españolas; en él se apoyaba, sin reservas, la construcción de un sincrotrón en España.

El segundo desafío lo representaba la falta de experiencia específica y local en el área de sincrotrones. El comité científico asesor que estaba evaluando la viabilidad de este proyecto indicó que la aprobación del proyecto estaba sujeta a que consiguieran un director para el sincrotrón que tuviese un conocimiento profundo de cómo diseñar y operar un artefacto de estas dimensiones. Con base en esto, en 1995 se contrató a Joan Bordas como director del proyecto; Bordas se había desempeñado como era director de un Sincrotrón Británico en Daresbury.

⁵⁶ http://www.esf.org/fileadmin/Public_documents/Publications/Synchrotron1.pdf

Línea BM 25 ESRF, Grenoble Francia



Imágen XV Línea BM 25 ESRF

Ramón Pascual explicó que Joan Bordas tomó un gran riesgo al integrarse a este proyecto, ya que no había garantías de que se pudiese conseguir el financiamiento para construir un Sincrotrón. En un inicio, Bordas fue contratado por medio tiempo y posteriormente de tiempo completo. Como un incentivo para poder atraer a Bordas al proyecto, el equipo de científicos españoles le ofreció que en caso de que no fuese aprobado ellos le facilitarían un laboratorio para que pudiese continuar sus investigaciones científicas en otros sincrotrones extranjeros. Esto le garantizaba a Bordas dos cosas: seguridad laboral permanente y posibilidades de continuar su carrera como investigador. Para cumplir con esta promesa el equipo español negoció dos líneas experimentales en el Sincrotrón ESRF en Grenoble, Francia. La primera línea conocida

como BM25 costó 6 millones de euros y la segunda, la BM16 tuvo un costo mucho menor (aproximadamente 2.8 millones de euros).

Pero estas líneas también iban cumplir otros objetivos. Entre ellos el abrir la posibilidad de ampliar la comunidad española de usuarios del sincrotrón; no solamente en el área de las ciencias puras (física, química), sino también el de las ciencias aplicadas. Estas líneas abrirían la posibilidad de incrementar la demanda científica y de capacitar a los científicos que en esos momentos requerían de formación práctica para poder aprovechar al máximo las instalaciones de luz de sincrotrón.. Gastón García explicó que el esfuerzo para pasar de 300 a 600 usuarios fue enorme y que esto no hubiese sido posible sin tener acceso a las líneas españolas de experimentación en Grenoble, Francia. El subdirector la describió como una tarea cuesta arriba, sobre todo considerando que en esos momentos había 5,000 usuarios del sincrotrón en Francia, más de 6,000 en Inglaterra, 8,000 en Alemania; en España había pocos usuarios en comparación con esos países. La construcción de la línea BM25 también conllevó algunos aspectos negativos. De acuerdo con Ramón Pascual, muchos científicos “se la querían pasar todo el tiempo en la línea” y había “tantas manos metidas en su administración, que provocó que se cometiesen errores, por ejemplo, se compraron equipos de investigación que eran innecesarios”.



Imágen XVI Comunidad de usuarios del Alba

En el 2004 se crea la asociación de usuarios del Sincrotrón-AUSE⁵⁷, para el 2014 esta asociación contaba con 800 miembros.

En España, el período entre 1995 y el 2000 fue muy inestable política y económicamente hablando. Los gobiernos estaban preocupados por la crisis económica y no querían comprometer recursos en proyectos de esta índole. Mientras tanto, los científicos que se iban formando en el área de aceleradores de partículas se la pasaban deambulando entre España y el extranjero intentando satisfacer las necesidades de sus investigaciones.

A mediados de marzo del 2002, las administraciones española y la de Cataluña aprobaron la construcción de un Sincrotrón en la zona de Cerdanyola del Vallès.

12.1.4 Marco Jurídico

El 23 de mayo del 2002, el profesor Ramón Pascual recibió el informe sobre “El régimen jurídico aplicable a diversas soluciones organizativas planteadas en relación con la construcción y explotación de un laboratorio de luz de Sincrotrón”. La entrega de este documento legal llenó un requisito más para formalizar oficialmente este proyecto. Con base en este documento, en el 2003, se crea el consorcio legal que dará luz jurídica al primer sincrotrón español.

Tanto el profesor Pascual como Gastón García enfatizaron que era muy importante desarrollar un modelo jurídico adecuado de explotación del sincrotrón; ya que, por ejemplo, en el marco jurídico español, esto determinaba si los servicios proporcionados serían o no sujetos al IVA, impuesto al valor añadido. Ramón Pascual recalcó que en cualquier cálculo sobre los costos del sincrotrón se tiene que tomar en

⁵⁷ <https://auseweb.wordpress.com/ause/>

cuenta el tema de los impactos presupuestarios generados por los impuestos. Además de este punto, El subdirector explicó que el modelo jurídico era muy importante porque en éste se definía la relación existente que tendrían con la administración pública del país. Gastón García comentó que “parte de la idea era alejarse de las limitaciones impuestas por la estructura típica de la administración pública [...] crear algo que no fuese una empresa privada ya que, por un lado, había académicos e investigadores involucrados y, por el otro, el sincrotrón no tenía como objetivo principal el generar beneficios económicos” y que estuviera “lejos del modelo de administración pública con sus respectivos funcionarios (y limitaciones), en donde los contratos de (trabajo) pueden ser por vida”.

Después de haber sido aprobado el proyecto, en el 2003 se comisionó otro estudio de impacto económico dirigido por José García Montalvo de la Universitat Pompeu Fabra con el objetivo de medir la derrama económica que se generaría en la zona que hospedaría el Sincrotrón. El estudio se titula de “Análisis Coste Beneficio y Estudio de Impacto Económico de una Fuente de Luz de Sincrotrón en el Vallès Occidental”. Los resultados económicos principales arrojados por este estudio fueron muy positivos.

- El impacto de la fase de construcción sobre la producción española alcanzará los 266 millones de euros en 2003, el valor añadido aumentará en 140 millones de euros y se generarán una media anual de 463 empleos.
- El impacto sobre la producción, durante la fase de funcionamiento, será de 735 millones de euros manteniéndose una media anual de 257 empleos. El valor añadido aumentará en 417 millones de euros por efecto de los gastos de funcionamiento.
- En el conjunto del periodo de construcción y funcionamiento, el impacto sobre la producción será de 1.001 millones de euros mientras el impacto sobre el valor añadido será de 557 millones y el empleo medio anual ponderado alcanzará los 297 puestos de trabajo.

Cuadro 29 Resultados del estudio de análisis de impacto económico

12.1.5 Selección de la ubicación del Sincrotrón ALBA

La selección final del sitio para la construcción del sincrotrón generó muchas controversias. La mayoría de los científicos que impulsaban el proyecto sincrotrón estaban localizados en Cataluña. Ramón Pascual relató la historia de cuando se anunció en España que se iba a construir un sincrotrón; él recibió una llamada de las autoridades en Madrid en donde lo convocaron una reunión para discutir cuál sería su ubicación. En la reunión, Ramón Pascual subrayó que éste era un proyecto originario de Cataluña, que tenían ya docenas de científicos capacitados en esta tecnología y que si otra provincia quería construir uno lo podrían hacer “en sus propios términos y con sus propios recursos”. Este robusto intercambio dio por terminada la discusión sobre la ubicación del ALBA dentro de España.



Imágen XVI Ubicación geográfica del Alba

que el sincrotrón lo hubiesen construido principalmente empresas francesas. La Fundación Europea de la Ciencia quiso también influir, sin éxito, para crear una instancia supranacional que propusiera construir el sincrotrón en otra zona.

12.1.6.2 Budker Institute of Nuclear Physics

El Budker Institute of Nuclear Physics apoyó decididamente al equipo del ALBA en el proceso de la instalación de los aceleradores. El equipo, de 20 a 30 cuasi voluntarios rusos, estaba formado por científicos con gran experiencia a los cuales solo se les pagaron los viáticos, pasajes y costos de estancia.

12.1.6.3 El European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)

ALBA construyó y operó dos líneas experimentales en el sincrotrón ESRF en Grenoble, Francia. La BM25 la BM16. Estas líneas sirvieron para capacitar a la emergente comunidad de usuarios del ALBA y para capacitar a los técnicos sobre cómo mantener y operar las líneas de experimentación.

12.1.7 Acceso a las líneas experimentales

Las convocatorias para tener acceso a las líneas del sincrotrón se hacen cada seis meses. En la primera llamada de propuestas realizada en el 2011 se recibieron 203 solicitudes, entre las cuales el 18% provenían de extranjeros. El criterio principal para seleccionar las propuestas es la calidad científica (revisión colegiada). Filtraron el número de solicitudes recibidas a través de la revisión por paneles agrupados por disciplina; el filtro se hizo de acuerdo a una jerarquía científica pre-establecida. El ALBA tiene una demanda promedio 2.5 veces mayor al número de experimentos que puede realizar. El rechazo de solicitudes crea, inevitablemente, tensiones entre los científicos que no reciben una respuesta satisfactoria su solicitud.

12.1.8 El Sincrotrón en la Academia

Gastón García indicó que en un par de ocasiones hubo intentos por parte de universidades españolas de crear una maestría en sincrotrones, pero que esta iniciativa no tuvo la respuesta que se esperaba. Sin embargo, en el 2014 se introdujo una asignatura de Sincrotrón como parte del programa de estudios de Física. García indicó que para que las maestrías tengan éxito se requeriría que se habilitaran más líneas experimentales en el ALBA y que la demanda científica aumente todavía más. El ALBA también está organizando que estudiantes de varias disciplinas realicen sus prácticas académicas en el sincrotrón.

12.1.9 Comunicación, redes sociales e internet

Antes de que el sincrotrón entrara en funcionamiento, se organizaron campañas y visitas de difusión del sincrotrón, orientadas al sector industrial y al académico. Las campañas más exitosas se han concentrado en informar, empresa por empresa, las virtudes de la investigación con esta tecnología; en contraste con las que se han dirigido a asociaciones empresariales o a la industria en general. El equipo de trabajo del ALBA empezó a organizar con éxito mesas de trabajo sectoriales: farmacéutico, alimentos etc.

En lo referente a las redes sociales, ALBA cuenta con página de internet, Tweeter, Facebook y Newsletter. El ALBA organiza anualmente un día de “Puertas Abiertas” en donde reciben a más de 1,500 personas en un día. En total, este sincrotrón recibe a más de 5,000 visitantes al año, como parte de todas sus campañas de difusión. El ALBA tiene mucha visibilidad por ser la instalación científica más compleja y con mayor inversión que se haya hecho en España, colabora con una gran variedad de instalaciones científicas como el centro de láser de Salamanca, para quienes construyeron una cámara de vacío y ya tienen firmado un convenio para la construcción

otra. Este complejo se ha convertido en un modelo para otras instalaciones científicas que han copiado su sistema salarial, su estatuto jurídico, etcétera.

12.1.10 El Sincrotrón como magneto para atraer otros centros de investigación, industrias y servicios de punta

La existencia del sincrotrón ha hecho que muchas industrias consideren instalarse zonas cercanas, ya que consideran la proximidad con este centro de investigación como una ventaja competitiva. El profesor Pascual ejemplificó el interés que tiene la industria en el sincrotrón con el caso de SENER⁵⁸, una empresa de ingeniería de gran importancia que acababa de abrir sus puertas en las inmediaciones del ALBA; la cual contratará a 350 ingenieros; también se instalaron dos centros de procesamiento de datos y uno más que está en proceso de construcción. Pascual comentó que había otras empresas científicas construyendo tecnologías complementarias. Por ejemplo, el centro de nanotecnologías y materiales ha considerado comprar un microscopio electrónico, que es una tecnología complementaria al sincrotrón.

12.1.11 Decidiendo que tipo de sincrotrón construir

Otro reto que tuvieron que superar los líderes del proyecto ALBA fue el decidir qué tipo de sincrotrón construir. Salvador Ferrer nos explicó: “Una primera decisión fue tener una máquina que produjera rayos X para técnicas de difracción y poder hacer cristalografía de proteínas [...] con una energía un poco alta, pero que al mismo tiempo sirviera a las comunidades de más baja energía, lo que se llama rayos X blandos porque hay muchos usuarios potenciales en España”. Ferrer puntualizó las limitaciones del Alba “...para aplicaciones de alta energía somos un poco más débiles. Para aplicaciones

⁵⁸ <http://www.sener.es/inicio/es>

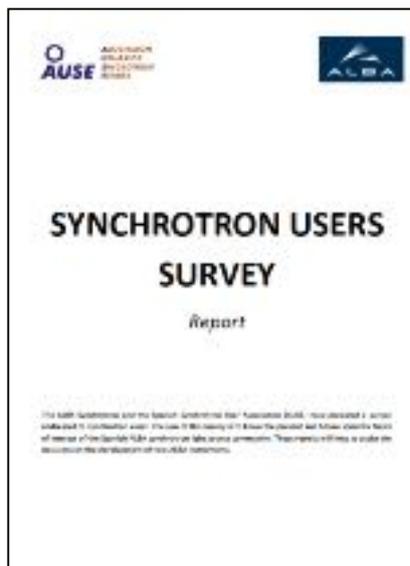
de rayos duros como la tomografía de metales nosotros tenemos menos flujos que las máquinas grandes; en las de energías bajas somos un poco más competitivos”. Salvador Ferrer explicó que, en parte, esta decisión se basó en que España tenía una comunidad de usuarios de baja energía bastante activa, aunque todavía no muy numerosa. A principios de los años noventa se hizo una reunión en Segovia en donde se habló de la radiación de sincrotrón y sus usos en la ciencia, pero no fue hasta que España se hizo miembro del sincrotrón europeo ESRF que se impulsó la primera etapa de interés en esta ciencia; lo anterior tuvo como consecuencia que la comunidad de usuarios empezara a crecer rápidamente, en gran medida, inspirada por los resultados positivos obtenidos en el ESRF.

La Directora General Catarina Bascari subrayó que la segunda decisión importante fue determinar el tipo de emitancia de la máquina. Acordaron diseñar el sincrotrón con una emitancia por debajo de los 5 nanómetros. El otro parámetro importante era el espacio en el anillo que se podría dedicar a los aparatos de inserción por lo que se hizo un esfuerzo importante para optimizar la máquina para que tuviesen el mayor espacio posible, de tal forma que posteriormente permitiera construir un mayor número de líneas de experimentación.

12.1.12 Formación de usuarios

Ferrer explicó que con base en su experiencia como miembro de un panel para la aprobación de tiempo sincrotrón en máquinas extranjeras, él había sido testigo de la rapidez con que los usuarios tienden a adoptar esta tecnología y a crecer en número; principalmente entre los usuarios de centros académicos y de investigación. Los de la industria tardan más en incorporarse.

En Septiembre del 2004 se formó la Asociación de Usuarios de Sincrotrón en España (AUSE),⁵⁹ en sus inicios tuvo una organización muy básica. Los miembros fundadores de esta asociación empezaron con una lista de distribución de correos electrónicos.



Imágen XIX Encuesta de usuarios del Alba

En aquel entonces la AUSE jugó un papel importante porque empezó a agrupar a sus investigadores con relación a sus propios intereses y esto funcionó muy bien. Los investigadores definieron el tipo de proyectos en los que estaban interesados; y a su vez, ésta información le sirvió a los técnicos del ALBA para identificar las líneas de experimentación que deberían ser construidas. Los proyectos fueron aprobados con base a un criterio de selección que incluía temas como el impacto científico y el académico. Se utilizaron examinadores internacionales en este proceso. Se clasificaron las investigaciones en tres grupos: las que eran aceptadas inmediatamente, las estarían en

⁵⁹ <https://auseweb.wordpress.com/ause/>

esperar de que hubiese espacios disponibles y las que fueron rechazadas. Esto ayudó a que se definieran las primeras siete líneas de experimentación. Esto implicó que hubiese un intercambio robusto de ideas entre el panel de selección y los investigadores. De acuerdo a los miembros del panel los investigadores pedían, en algunos casos, cosas muy “fantasiosas”. Actualmente la asociación cuenta con más de 400 miembros. Esta estrategia inicial contrasta con la utilizada en el proceso de decisión para definir las siguientes líneas de experimentación.

En diciembre del 2013, el sincrotrón ALBA realizó una encuesta entre los más de mil usuarios del sincrotrón denominada “Synchrotron Users Report”. Esta encuesta fue enviada, no solamente a los miembros de AUSE, sino a todas las personas que habían utilizado el ALBA previamente. La encuesta tenía como objetivo identificar las necesidades presentes y futuras de los usuarios del sincrotrón para que sirvieran como punto de referencia para la construcción de futuras líneas experimentales. De acuerdo con Alejandro Sánchez, en España la mayoría de los usuarios se concentran en las áreas de biología y de ciencias de materiales. El 70% de los usuarios son españoles y el resto provienen en su mayoría de la comunidad europea.

Caterina Biscari explicó que en estos momentos el ALBA no busca más usuarios porque tienen una demanda mucho mayor que la que pueden cubrir, por lo que necesitan más líneas de experimentación. La encuesta ayudaría a identificar las características de estas nuevas líneas. También explicó que la mayoría de los sincrotrones organizan anualmente reuniones de usuarios para obtener retroalimentación de los servicios que prestan; el ALBA plantea organizar este tipo de reuniones cada dos años. La primera reunión de usuarios del ALBA tuvo lugar en el 2013.

Las convocatorias para proyectos de investigación actualmente se publican cada seis meses. En el 2011 y en el 2012 las convocatorias para realizar investigaciones fueron anuales.

Biscari enfatizó que era muy importante difundir entre los usuarios las virtudes del sincrotrón en áreas de investigación como la biología y el patrimonio cultural; sobre todo las investigaciones en disciplinas como patrimonio cultural dan mucha visibilidad pública. Otras áreas de investigación como las farmacológicas están atrayendo mucha inversión externa. Los investigadores que ya tienen experiencia en estas áreas podrían convertirse en embajadores del sincrotrón con el objetivo de expandir la base de usuarios.

12.1.13 Vínculo del sincrotrón con la industria

Salvador Ferrer expuso que hay que explorar nuevas formas para vincularse con la industria; indicó que la manera típica de llevar a cabo este ejercicio es realizar experimentos y una vez que estos arrojan resultados, los investigadores visitan a la industria respectiva para ver si consiguen a un comprador o financiamiento. Ferrer propuso, con base en las experiencias que le contó un colega experto en el tema, que el método debería ser el contrario: ir a la industria antes de construir la línea de experimentación y diseñarla de acuerdo a las necesidades específicas de la compañía en cuestión. Esto implicaría el dedicar líneas futuras de experimentación a industrias específicas.

Alejandro Sánchez indicó que el ALBA organiza mesas de trabajo para sectores e industrias determinadas; por ejemplo, en abril del 2014 se llevó a cabo una reunión para la industria química. Biscari enfatizó que era muy importante enseñarle a las industrias lo que podrían hacer con las líneas actuales de experimentación. Por su parte,

Alejandro Sánchez también recalcó la importancia de la visita del personal de las universidades y de los estudiantes. Este sincrotrón también tiene contacto con ferias empresariales como la de Barcelona y con las cámaras de comercio nacionales y regionales. Sánchez añadió “El que todos los sectores industriales y académicos lleguen a conocer las posibilidades del sincrotrón es un proceso lento. Hay que ser pacientes, es una propaganda continua que no hay que parar”.

Biscari mencionó que la UNESCO denominó el 2015 como el año internacional de la Luz y que esto atraería el interés del público. Indicó que todos los sincrotrones están trabajando en la organización de actos de conmemoración y de difusión para el público en general. Catarina añadió que una profesora de la UNAM, la Dra. Ana María Cetto, estaba trabajando en la organización internacional de esta propuesta de la UNESCO.

12.1.14 Estructura de personal

Salvador Ferrer ve de forma positiva que el personal del ALBA tenga una vasta experiencia internacional; trabajó por casi 15 años en el ESRF y a través de la experiencia se dio cuenta de la gran ventaja que ofrece el internacionalismo; para él, este es un atributo positivo del ALBA: los aspectos culturales que existen en un país se disuelven mucho más en un contexto internacional, se generan nuevas ideas, nuevas maneras de hacer las cosas y esto crea un ambiente muy fértil; se crea un ambiente en el que la gente piensa de “manera distinta”.

En el campo de los aceleradores es importante contar con personal con amplia experiencia trabajando en el área, y que pueda formar equipos de trabajo calificados en el tema. En 1994 se seleccionó un grupo de diez investigadores españoles quienes viajaron al extranjero para llevar a cabo posdoctorados en aceleradores. Siete de ellos

regresaron siete años más tarde y tres se fueron a trabajar en el extranjero. En el 2003, año en el que fue aprobado el proyecto, los tres investigadores que estaban en el extranjero se reintegraron a la empresa. Tres de los investigadores que estaban en España abandonaron el proyecto. Fueron muchos años de espera, por lo que haber perdido a sólo tres de los diez investigadores se consideraba como un éxito. La experiencia obtenida por los diez investigadores que salieron al extranjero fue fundamental para la construcción y preparación de las especificaciones técnicas y la definición del proceso de concurso de las licitaciones para la compra de equipo en el extranjero. En el ALBA se generaron más de 200 licitaciones; el conocimiento acumulado adquirido por estas diez personas permitió que tuvieran éxito en esta empresa. Catarina especificó que el ALBA ha ayudado a otros equipos internacionales involucrados en la construcción de un sincrotrón; por ejemplo, ha compartido las especificaciones técnicas de varios equipos importantes del sincrotrón con otros equipos internacionales. El ALBA podría proporcionar esta información al grupo de científicos mexicanos que se encargará de este tema.

El ALBA siguió la legislación europea para la definición del proceso de licitación técnica. Esto implicaría incluir las certificaciones técnicas y administrativas que sean más relevantes para el país que estuviese construyendo un sincrotrón.

12.1.15 Estructura Salarial

El personal del Alba tiene su propia escala de salarios, se paga al final del año un complemento salarial del 4% con base en los rendimientos. Este modelo no es el común para la administración pública o académica en España.

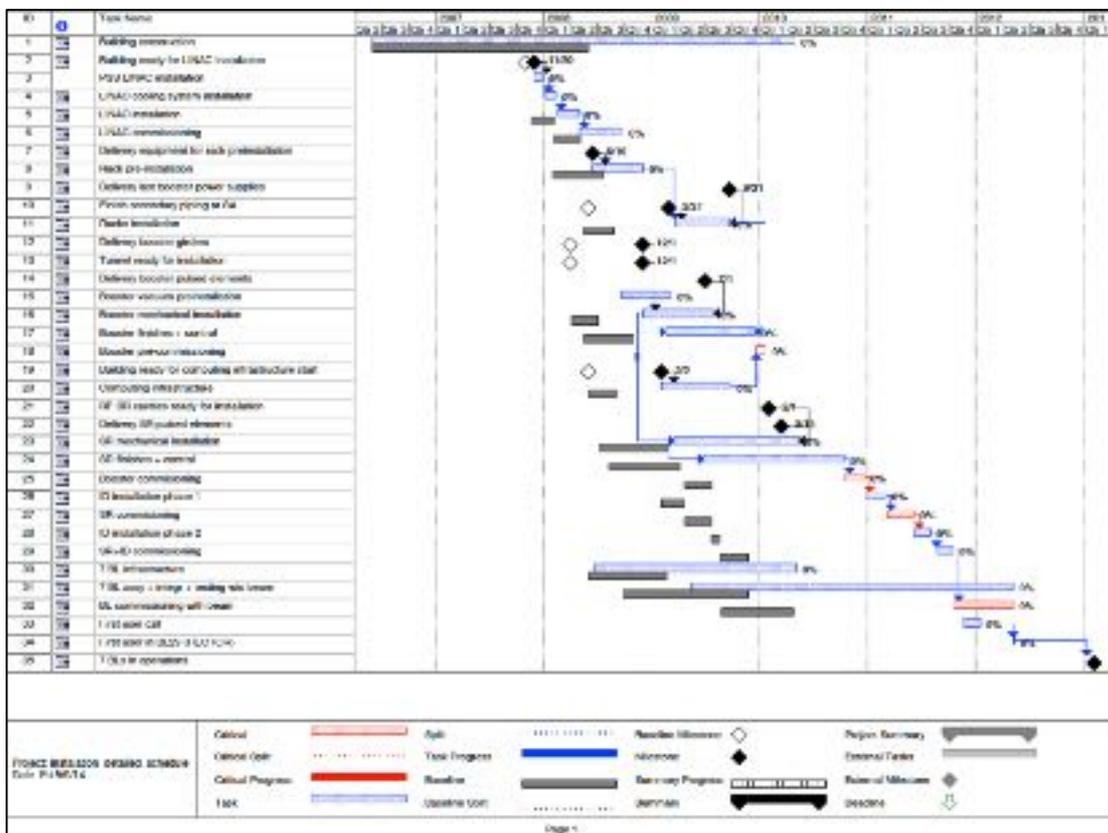
12.1.16 Construcción

En esta sección describiremos el proceso tomado por las autoridades del Alba para construir el primer sincrotrón español.

12.1.16.1 Programa de actividades

En esta sección presentamos las experiencias de Gastón García y Alejandro Sánchez sobre las estrategias tomadas para diseñar y construir el ALBA

El proyecto se dividió inicialmente en dos bloques: el primero encargado de la construcción del edificio; y el segundo, encargado de todo lo demás. Inicialmente se contrató a una empresa que coordinaba las actividades y que dependía del director; en la parte científica se creó una oficina de apoyo formada por García y Sánchez. En la parte del edificio la primera empresa salió y otra tomó su lugar. Por varias razones el proyecto tuvo casi dos años de retraso con respecto a lo planeado.



Gráfica 5 Ruta crítica para la construcción del Alba

El retraso antes mencionado tuvo aspectos positivos al permitir que el LINAC fuera armado y preparado en un área diferente. El director asociado comentó que el LINAC se terminó de construir en el 2008, mucho antes de terminar el edificio. El LINAC es un equipo que se prueba regularmente en un espacio muy confinado, el haberlo construido antes de que el edificio estuviese terminado, permitió llevar a cabo las evaluaciones técnicas en un lugar con mas espacio y tener el tiempo necesario para evaluar sistema detalladamente, superando con ello las limitaciones de espacio existentes en su localización final. Estas tareas de prueba aseguraron que estuviese listo a tiempo y que pudiesen cumplir con las metas propuestas en la ruta crítica. Otra decisión acertada fue la preinstalación de todos los *racks* de electrónica (casi 250) la cual se llevó a cabo en un espacio por separado. Esto benefició el proceso en dos aspectos: primero, permitió avanzar en el estado de los *racks*, pues estarían completos y listos para entrar en operación; y segundo, permitió que el proceso de instalación de dichos *racks* tuviese lugar en una zona de preinstalación mucho más cómoda. Con ello lograron adelantos importantes en el calendario de actividades.

Ante la falta de espacio de almacenamiento, el equipo técnico consideró alojar los equipos en áreas fuera del sincrotrón. Sin embargo, hicieron un estudio de costo beneficio en donde concluyeron contundentemente que construir un área de almacenamiento era más viable que el alquilar espacios externos. La entrega del amplificador se retrasó por unos meses por dos razones: hubo un retraso de unos meses en el edificio y a esto se sumó a un retraso en la entrega del equipo asociado al amplificador. La coincidencia de estas demoras permitió terminar esta tarea de forma sincronizada. Otra decisión estratégica fue preinstalar el equipo asociado al amplificador: las cámaras de vacío, pruebas de funcionamiento etcétera. El que tuvieran todo listo para llevarlo al túnel resultó en el ahorro de mucho tiempo. Gastón García y

Alejandro Sánchez recalcaron que es importante identificar cualquier actividad que permita preinstalar y probar el equipo con anterioridad pues posteriormente facilita mucho las cosas.

El subdirector y El director asociado comentaron que hubo una serie de actividades más convencionales que no estaban identificadas detalladamente en el calendario de actividades y que fueron las que ocasionaron más problemas, como la instalación del cableado, de tubos de presión, entre otras. Otra decisión estratégica fue insertar un programa de pruebas por secciones que, aunque a veces interrumpía el proyecto en su totalidad, permitía hacer una detección temprana de problemas. Por ejemplo, al final del 2009 definieron un periodo de dos semanas para llevar a cabo las pruebas del amplificador. Tenían dos equipos trabajando en paralelo, uno con el amplificador (booster) y otro con los anillos de almacenamiento. Ambos realizaron muy bien y de manera coordinada sus actividades. Optaron por interrumpir la instalación de los anillos de almacenamiento, cuando tenían todos los componentes del amplificador ensamblados, para asegurarse de que todo trabajara de acuerdo a las especificaciones técnicas. Estas estrategias permitieron que si se detectaba algún problema mayor éste pudiese ser resuelto a la brevedad. Afortunadamente fue sólo una medida preventiva ya que no hubo contingencias mayores.

12.1.16.2 Licitaciones

García y Sánchez señalaron que para la construcción del edificio se hicieron diecisiete paquetes de licitaciones y una empresa coordinó todo el proceso. Había dos paquetes que eran exclusivos para medir y evaluar la calidad de construcción: uno orientado al edificio y el segundo a las instalaciones. El proceso resultó muy conflictivo; por ejemplo, la empresa que monitoreaba las soldaduras encontró, durante el proceso de

verificación, que éstas no tenían las especificaciones solicitadas. Cuando esto sucedía la empresa de control de calidad negociaba con los contratistas para resolver los problemas, inevitablemente hubo retraso de unos meses.

También explicaron que en todos los contratos de instrumentación científica que se solicitaron había especificaciones muy claras y detalladas. Las cláusulas técnicas eran revisadas por todo el equipo científico. Esta revisión fue muy exhaustiva, en algunos casos, evaluando especificaciones más allá de lo que establecían los contratos. Cuando hubo que decidir entre la rapidez de entrega o la calidad del equipo, siempre optaron por la calidad del equipo y asumían el retraso como una consecuencia lógica que tenían que aceptar. Hubo varios casos en los que tuvieron que regresar partes del equipo a los contratistas para que los rectificaran siguiendo las especificaciones técnicas, como pasó con los espejos, por mencionar un ejemplo. Afortunadamente en ningún momento se requirió solicitar la intervención de abogados, de lo contrario probablemente nunca hubieran terminado el proyecto. Se procuró que los cierres de contratos fueran en los mejores términos posibles. El interés de todas partes era que el proyecto se completara de forma óptima, había muy buena voluntad entre todos los involucrados. El equipo científico cumplió con el presupuesto total asignado, y en algunos casos hubo pequeños ahorros en el área de aceleradores. Sin embargo, en la construcción de las líneas de luz los costes rebasaron lo presupuestado. En la construcción civil hubo obstáculos que demandaron recursos adicionales y extensiones de plazos de entrega. Hubo victorias que no tuvieron mucha difusión. Por ejemplo, la instalación de la red de datos fue un proyecto que aunque concluyó con mucho éxito, pasó desapercibido porque no generó ningún problema mayor.



Imágen XX Sala principal del sincrotrón Alba

La instalación mecánica tuvo una planeación muy detallada. Cada semana se instalaba un sector, hubo un análisis exitoso y detallado de lo que se podría preinstalar en un espacio más amplio. García y Sánchez indicaron que se preinstaló lo más que se pudo, hubo limitaciones en este proceso pues en ocasiones el conjunto excedía la capacidad de la grúa. Aunque había la posibilidad de usar dos grúas disponibles en tándem, era una opción muy riesgosa y difícil; decidieron quitar un elemento (imán bipolar) para reducir el peso del equipo preinstalado. Las grúas fueron el cuello de botella de este proceso, pues son los elementos más usados en la instalación. Se discutió la posibilidad de incluir otra grúa, pero esta idea fue rechazada porque hubiese incrementado los costos y una tercera grúa no tenían utilidad futura después de la etapa de instalación.

Pese a los retrasos experimentados nunca hubo presión política para que se acabara el sincrotrón. Sin embargo, como parte de los compromisos políticos contraídos, se inauguró el edificio en el año 2010. La exigencia de terminar el sincrotrón provino, sobre todo, de la comunidad de usuarios y del calendario de entrega que había

sido acordado con los líderes del proyecto; dicho calendario no fue dado a conocer públicamente, fue un instrumento de planeación interna. En la primera oportunidad que tuvieron probaron el amplificador con todo el equipo integrado, para verificar que todo estaba funcionando correctamente; lo cual fue muy rentable técnicamente hablando. A finales del 2010 tenían listo el anillo de almacenamiento para hacer pruebas, pero no tenían las licencias radiológicas para operar (otorgadas por el Consejo de Seguridad Nuclear). Técnicamente podían hacer estas pruebas pero no podían operar dada la falta de estos permisos. Para aprovechar ese tiempo activaron el plan B, que incluía probar el anillo de almacenamiento solamente con las cámaras de vacío, sin los elementos de inserción. Esta era una configuración más sencilla que permitió avanzar en el desarrollo del proyecto.

Una vez que probaron esto exitosamente, quitaron la cámara de vacío en la sección recta e instalaron uno de los tres elementos de inserción y repitieron la prueba con el sistema de inserción. Con esto dividieron el riesgo por segmentos lo cual conllevó retrasos el proyecto. Cuando el anillo de almacenamiento inició operaciones ya tenía tres elementos de inserción y funcionó “muy bien”. Una vez que recibieron el permiso, y pudieron hacer la prueba con los tres elementos de inserción completos, se dieron cuenta de que habían concluido técnicamente el proyecto. Los otros elementos de inserción no fueron instalados sino hasta doce meses más tarde pues uno de ellos estaba dañado. Aunque había la posibilidad de que penalizaran al contratista por estos retrasos, ellos prefirieron que la empresa solucionara el problema técnico adecuadamente, aunque se tardar más en entregar el equipo correspondiente. En algunos casos esto fue algo positivo para el proyecto porque no siempre estaban en posibilidades técnicas de recibir estos equipos. El siguiente paso fue instalar las líneas de experimentación y probarlas técnicamente. En esa etapa, la prioridad cambio del acelerador a las líneas de

experimentación. El programa de construcción de la infraestructura de las líneas de experimentación operó eficientemente; pero, la parte de la instalación, ensamblaje y pruebas de las líneas y del equipo asociado a estas (instrumentos de medición ópticos y científicos) tuvo una serie de problemas y retrasos. Las líneas fueron avanzando en paralelo con los aceleradores. En el otoño del 2011 los aceleradores empezaron a producir los fotones necesarios para permitir que se probaran varias líneas de experimentación, con “usuarios amistosos” que podrían utilizar la línea para su beneficio, estas pruebas permitieron evaluar y calibrar técnicamente las líneas en operación. En noviembre del 2011 sacaron la primera convocatoria de usuarios aunque las líneas estaban todavía en proceso de ajuste. Como medida de protección anunciaron que las líneas entrarían en operación gradualmente, el 2012 se consideraba el como un año de transición.

El primer usuario oficial fue recibido en mayo del 2012, utilizó la primera línea habilitada. La séptima línea comenzó operaciones en febrero del 2013. La retroalimentación de los primeros usuarios fue muy satisfactoria. Las líneas iniciaron empezaron operaciones con dos turnos, actualmente hay tres turnos, el sincrotrón ALBA trabaja las 24 horas al día. Cada usuario recibe información sobre como operar los instrumentos en la línea, aspectos de seguridad laboral y el apoyo permanente de un científico que puede ser contactado telefónicamente en cualquier momento. Los usuarios tienen que declarar si van a usar una muestra que ponga en riesgo la salud o la vida de las personas en el sincrotrón. La única tensión que surgió con los usuarios fue en relación a la documentación que tenían que presentar antes de realizar un experimento: seguros, carta de aprobación de la institución donde estaban adscritos, aprobación del comité de ética respectivo, etcétera.



Imágen XXI Inauguración del Alba

12.1.17 Transición de la estructura de personal: del proceso de construcción al inicio de operaciones

Salvador Ferrer y Alejandro Sánchez puntualizaron que era muy importante planear los cambios en la estructura y perfiles del personal que construye el sincrotrón y aquellos que lo van a operar. Es un proceso de transición complejo pues la gente cambia de responsabilidades, de turnos de trabajo, el enfoque se reorienta hacia la realización de experimentos, hay personal que deja de laborar y nuevos ingresos; lo anterior implica grandes modificaciones en la dinámica humana.

La estructura de personal que operó en las etapas de diseño y construcción, con 150 personas, es substancialmente diferente de la estructura necesaria para su operación. Desde un principio se definieron algunos roles que evolucionarían de la fase de construcción a la fase de operación. Había también una plantilla de personal estructural, que pasaría a la fase de operación y una temporal que solo existía para satisfacer necesidades específicas de trabajo. Se hizo una equivalencia en donde más del 90% del personal estructural podría continuar con funciones de operación, estos ajustes fueron

muy forzados y en algunos casos afectó negativamente los resultados esperados, la estructura final no era la ideal para operar. Por otro lado, muchas personas clave dejaron la organización porque sintieron que una vez terminado el sincrotrón su presencia ya no era necesaria. Esto permitió que alguno de los perfiles de trabajo del grupo estructural fueran reevaluados para que expresaran más fielmente las necesidades de la organización en la descripción del puesto vacante.

El 50% del personal que trabajaba en el 2011 ha cambiado. La nueva estructura incluye cinco divisiones: una administrativa, una de aceleradores, una de operaciones y dos técnicas: ingeniería y computación y control. En algunas instalaciones de sincrotrón solo hay una división técnica, y en otras, la división técnica también tiene incorporada el área de aceleradores. Salvador Ferrer indicó que hubiese sido interesante explorar la posibilidad de haber creado desde un principio dos estructuras independientes para el sincrotrón, una para la fase de construcción y otra para la de operación, incluyendo las posibles equivalencias o transiciones necesarias entre una y la otra. Así la gente hubiese conocido con anterioridad su lugar en el organigrama de la primera etapa y en el de la segunda. El mantener la misma estructura y adaptarla gradualmente ocasionó fricciones e incertidumbres entre el personal.

12.1.18 Lecciones aprendidas

En el proceso de construcción del ALBA, como en cualquier gran empresa humana, hubo grandes aciertos y algunos errores.

- *Importancia de la infraestructura básica.* Salvador Ferrer indicó que una de las fallas fue el minimizar la complejidad detrás de la infraestructura básica que de las líneas de experimentación, como cableados y tubería. Añadió que “Se tiende a darle poca importancia a las cosas con tecnologías básicas, pero su retraso

afecta el progreso de todo el proyecto. Es fácil tratar de concentrarse en los aspectos de alta tecnología y se dejan de lado, por falta de experiencia, las cosas sencillas como los sistemas de seguridad”. Este tipo de omisiones generaron problemas que duraron, por lo menos, dos años. Ferrer comentó: “Es un problema entre los científicos que están altamente calificados. Estos aspectos se dejan de lado y después resulta que estos puntos son los que determinan el ritmo de avance del proyecto”. Esta falta de previsión les costó 2 millones de euros y alguien tuvo que hacerse cargo de este tema en el último minuto. Tomando en consideración sus registros, si volvieran a empezar, ellos buscarían a expertos en la materia que se dedicaran al cableado y la seguridad. En el diseño arquitectónico no se consideró el cableado del acelerador, el de los equipos, el de las líneas, ni los aspectos de seguridad. En particular los cableados que van desde el edificio hasta el lugar de ubicación del acelerador pues esto no entra regularmente como parte de la planificación convencional de un edificio.

- *Necesidad de un almacén.* El segundo problema que los tomó por sorpresa, fue la falta de un almacén. Los científicos estaban en espera del equipo, como los imanes, pero no había ningún lugar para almacenarlos. Fue entonces cuando se dieron cuenta de que tendrían que construir un área de almacenamiento rápidamente.
- *Protección y resguardo de equipos sofisticados.* Otro aspecto que no tomaron en cuenta fue la protección que necesitaban los equipos sofisticados y que están altamente afinados y los sistemas de seguridad que requieren.
- *Espacios físicos adicionales para satisfacer la demanda de crecimiento futura.* Biscari añadió que otro tema importante es el de planear espacios físicos amplios que no sólo satisfagan las necesidades de expansión presentes sino

también las futuras. Catarina añadió “Siempre se quiere crecer, construir más instalaciones, no limitarse por espacio”.

- *Obtención de permisos y licencias para operar.* Otro desafío importante fue la obtención de permisos para operar el sincrotrón. El Consejo de Seguridad Nuclear⁶⁰ español les pidió un permiso de operación porque clasificó al sincrotrón como una instalación radiactiva. Conseguir este permiso les costó años de esfuerzo y más de un millón de euros. Esta solicitud fue toda una sorpresa ya que en otros proyectos internacionales de construcción de sincrotrones no tuvieron que llenar requisitos similares; fue tan complicado que casi impidió que entraran en operación. La obtención del permiso fue todo un cuello de botella que requirió de visitas frecuentes a altos funcionarios de gobierno en Madrid. El Consejo de Seguridad Nacional no tenía una categoría específica para instalaciones como el Sincrotrón. Solo tenía dos categorías, las de una planta nuclear y las de una empresa radiológica como los hospitales. El sincrotrón estaba en medio de estas dos categorías y por tanto cayó en un limbo de política pública. Después de muchos meses obtuvieron un permiso provisional.

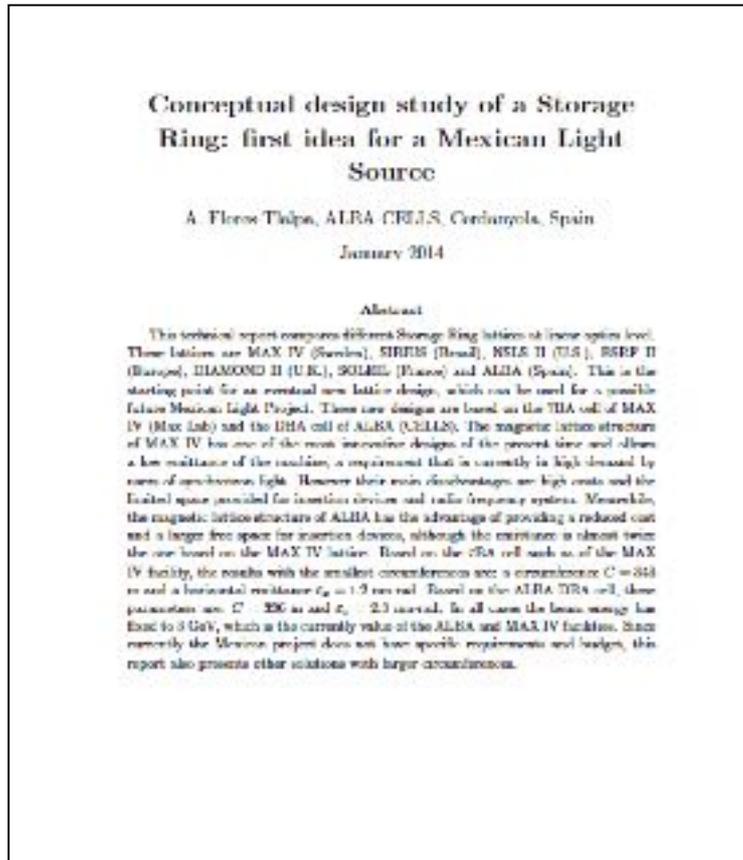
12.1.19 Recomendaciones

En esta sección incluimos una serie de recomendaciones específicas hechas por los ejecutivos del ALBA con relación al proyecto del sincrotrón mexicano:

- *Identificar un líder científico con fuertes conexiones políticas.* Caterina Biscari recalcó que el líder político y científico tendría que ser local.

⁶⁰ <http://www.csn.es>

- *Identificar un líder científico con solido conocimiento y experiencia en sincrotrones.* En México hay aceleradores pequeños en hospitales, pero no hay ningún centro en donde tengan la experiencia que requiere un sincrotrón. Los funcionarios del ALBA dijeron que para encontrar a la persona idónea, México tendría que llevar a cabo un proceso de reclutamiento a nivel global. El ALBA contrató a Joan Bordas, era español catalán y llevaba mucho tiempo de vivir en el extranjero. Salvador Ferrer mencionó que la mancuerna Ramón Pascual y Joan Bordas función muy bien. Por un lado Pascual tenía los contactos políticos y científicos y por el otro Joan Bordas tenía experiencia manejando un sincrotrón y los contactos científicos en el medio de los aceleradores.
- *Identificar a un experto en aceleradores.* El jefe de aceleradores en el ALBA era alemán. Fue reclutado porque en ese entonces en España no tenían al personal calificado para llevar a cabo esta función. La mayoría de los jefes de sección vinieron del extranjero. Ferrer indicó que se necesitan por lo menos dos capas de gente con experiencia.
- *Identificar el tipo de Sincrotrón que México podría construir.* En enero del 2014 A. Flores Tlalpa, miembro del equipo científico del ALBA, preparó un estudio donde explora diferentes posibilidades técnicas para un sincrotrón mexicano. Este estudio es un buen inicio para explorar las diferentes características técnicas de un instrumento de esta naturaleza.



Imágen XXII Estudio para un anillo de almacenamiento en México

12.1.20 Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FDOA)

Este análisis se elaboró a partir de las experiencias recabadas por el equipo del ALBA:

Fortalezas (F)	Debilidades (D)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Liderazgo científico y técnico 2. Apoyo político a nivel ministerial (regional y federal) 3. Presupuesto total aprobado para la construcción de las primeras 7 líneas de experimentación 4. Modelo jurídico específico 5. Capacidad científica y técnica para construir un sincrotrón 6. Construcción de dos líneas de experimentación en el ESRF para capacitar a técnicos y usuarios 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de un presupuesto aprobado para las siguientes líneas de experimentación 2. Falta de desarrollo tecnológico interno 3. Transferencia de tecnología sincrotrón-industria en el proceso de construcción 4. Falta planeación y detalle en actividades de baja tecnología 5. Falta de una mayor participación de la industria

(BM25 y BM16) 7. Extensa comunidad de usuarios 8. Fuerte demanda de servicios sincrotrón (sobredemanda) 9. Estrategia de preensamblaje y prueba técnicas de equipo	6. Transferencia de perfiles de trabajo de diseño y construcción a operación 7. Capacidad interna limitada para hacer mantenimiento correctivo
Oportunidades (O)	Amenazas (A)
1. Líneas experimentales competitivas a nivel internacional 2. Fuerte comunidad de usuarios multidisciplinaria	1. Inestabilidad económica en el país 2. Fuerte oposición inicial de la comunidad científica 3. Falta de un presupuesto seguro para operar

Cuadro 30 Análisis FDOA del sincrotrón Alba

Conclusiones

Alba siguió un proceso que será, probablemente, similar al que se llevará en México para la construcción del sincrotrón. El equipo de ALBA contó con el líder científico y político que se requería en ese momento (Ramón Pascual) y el líder científico (Joan Bordas) ambos con la experiencia necesaria para lograr con éxito un proyecto de esta naturaleza. El equipo del ALBA aprovechó las oportunidades que ofrecían las líneas BM25 y BM16 para capacitar a los técnicos y a los usuarios. A diferencia del LNLS, el equipo ALBA decidió adquirir la mayor parte de su equipo en el extranjero. Esto les ahorró tiempo pero les costó más dinero y disminuyó su capacidad de hacer mantenimiento correctivo “en casa”.

12.2 Sincrotrón LNLS y Sirius (Campañas, Brasil)

Este análisis se basó en las entrevistas realizadas con los directivos, personal científico, técnico y administrativo del Sincrotrón del LNLS, en Campañas Brasil, del 19 al 21 de mayo del 2014. Agradecemos la generosidad del tiempo que nos otorgaron las siguientes personas:

- Cylon da Silva, ex-director del LNLS y padre del sincrotrón brasileño.
- Antonio José Roque da Silva, Director.
- A Ricardo D. Rodríguez, Coordinador del Proyecto Técnico de Sirius.
- Roberta Santarosa, Asesora de la Dirección.
- Harry Westfahl, Sub-director científico.
- Oscar Vigna Silva, Coordinador del grupo de infraestructura de proyectos especiales.
- Cleonice Ywamoto, Gestión administrativa.

Cronología

A continuación presentamos una breve cronología del proceso que siguió el sincrotrón LNLS:

1981	Cylon Da Silva, Ricardo Rodríguez, Aldo Craievich y Roberto Lobo inician la concepción del proyecto Sincrotrón
1985	Carta de la Asociación Brasileña de Física oponiéndose al sincrotrón
1987	El Gobierno brasileño aprueba el proyecto del sincrotrón
1996	Se termina en construir el sincrotrón, empieza la fase de pruebas técnicas
1997	El sincrotrón empieza a operar con tres líneas de experimentación

Cuadro 31 Cronología sincrotrón LNLS

12.2.1 Breve historia

12.2.1.1 Brasil en el mundo de la Ciencia y la Tecnología

En las últimas dos décadas, de manera estratégica, Brasil ha incrementado su inversión en ciencia y tecnología a un ritmo muy impresionante. La revista *Nature*, en su edición del 12 de noviembre del 2014, indicó que el 92% de toda la inversión en ciencia y tecnología en Latinoamérica la llevan a cabo solamente tres países: Brasil, Argentina y México. Los recursos totales dedicados a ciencia y tecnología en América Latina representan entre el 2 y el 3% del total mundial. Brasil concentra el 70% de este gasto.

La RICYT⁶¹ señaló que Brasil fue el único país, en el 2011, cuyo presupuesto en ciencia y tecnología rebasó el 1% de su producto interno bruto (PIB), destinó el 1.20%; Argentina gastó el .65% en este rubro; México el .45% y Chile el .44%.

Brasil es el líder en la mayoría de indicadores en ciencia y tecnología, salvo en el de colaboraciones internacionales en donde alcanzaba solamente 2.2 puntos. Chile obtuvo el puntaje más alto con 4.3; por su parte México registró el 2.7 puntos. En relación a patentes registradas, Chile fue —por mucho— el país líder en esta materia al registrar 2.5 más patentes que Brasil.

De acuerdo a otro artículo publicado por la revista *Nature* (11 de Junio del 2014), cuando hablamos de producción científica en Brasil, probablemente deberíamos de hablar más propiamente de la región de Sao Paulo. Ésta es la provincia más rica de las 26 que tiene Brasil y publica más de la mitad de los artículos científicos. La región de Sao Paulo cuenta con dos ventajas que le han permitido ingresar al club de regiones en el mundo con alta tecnología: recursos económicos provenientes de la FAPESP⁶² y centros de excelencia científica y tecnológica de punta. La FAPESP disfruta de uno de las fuentes de financiamiento más seguras en el mundo, por ley recibe el 1% de todos los ingresos tributarios de la región; con ello puede financiar proyectos científicos en la Universidad de Sao Paulo y contribuir a proyectos como la construcción del sincrotrón Sirius y otros proyectos similares. La FAPESP destina el 37% de su presupuesto a financiar investigación básica, en el año 2013 invirtió más de \$512 millones de dólares en ciencia y tecnología.

12.2.1.2 Génesis del LNLS

⁶¹ Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana

⁶² La fundación de investigación de Sao Paulo (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo)

El Sincrotrón LNLS nació como proyecto en 1982. Tardo cinco años en ser aprobado y diez años en ser construido (1987-1997). En total, el LNLS costó menos de \$60 millones de dólares (incluyendo el costo del terreno donado por el estado de Sao Paolo) y entró en operaciones gradualmente en 1997.

Cylon da Silva impulsó el LNLS y es considerado como el padre de este proyecto. En septiembre del 1996 publicó un artículo en la revista del Centro de Aceleradores Lineales de Stanford en el que señala que la relación entre ciencia y tecnología y el desarrollo económico de la sociedad en general ha sido históricamente muy confusa. Esta relación ciencia-sociedad no se cuestionaba antes de la segunda guerra mundial y actualmente es muy complicada. Por ello, para Cylon da Silva no fue sorpresa alguna que el planteamiento de la construcción de cualquier sincrotrón (en particular en los años ochenta y noventa) iba a generar —inevitablemente— grandes controversias, ya fuera en Brasil o en cualquier parte del mundo. Por ejemplo, a mediados de la década de los ochenta, la Sociedad Brasileña de Físicos se opuso terminantemente al proyecto. Los directivos de esta sociedad firmaron una carta el 29 de abril de 1985 en donde denunciaban que el proyecto del sincrotrón “iba a costar mucho dinero, desperdiciaría muchos recursos y se convertiría en un elefante blanco”⁶³. Ricardo Rodríguez resumió los argumentos expuestos, en dicha carta, por los directores de la Sociedad Brasileña de Físicos:

- No tenemos usuarios
- No tenemos la tecnología para hacerlo
- Los recursos asignados al Sincrotrón absorbería todo el presupuesto para ciencia y tecnología.

⁶³ <http://www.sbfisica.org.br/v1/>

A Ricardo D. Rodríguez comentó que afortunadamente superaron todos estos obstáculos; aunque afirmó que en aquel entonces las conclusiones a las que llegó la sociedad tenían bases muy sólidas y que el sincrotrón nunca llegó a concentrar los recursos en ciencia y tecnología predichos por esta carta. D. Rodríguez explicó punto por punto: “unos años después de inaugurar el LNLS teníamos 1000 usuarios, la máquina fue diseñada y construida en Brasil y pese a todos los desafíos enfrentados funcionó perfectamente”. D. Rodríguez concluyó que “...el Sincrotrón fue el primer gran proyecto en Sudamérica, demostró que teníamos la capacidad técnica para construir este tipo de equipo, lo que aumentó la estatura del área de ciencia y tecnología en general y la de Sudamérica en particular. Esto generó que se incrementaran diez veces los recursos para la investigación en el país”. Aun así, a la comunidad científica le tomó algún tiempo aceptar el sincrotrón. De hecho, de acuerdo con el ex director del LNLS, hay algunos científicos que actualmente todavía se oponen a este proyecto. Un aspecto positivo fue que en la medida que los científicos se sumaron al proyecto, la oposición empezó a disminuir, al punto de casi desaparecer del panorama científico. Este mismo fenómeno ha ocurrido a nivel mundial, la oposición a la construcción de sincrotrones casi ha desaparecido por completo.

Da Silva está convencido de que el sincrotrón representa la mejor evidencia de la contribución de la ciencia y la tecnología al mejoramiento de la vida moderna. El ex director del LNLS piensa que una de las funciones principales de grandes proyectos científicos en los países en vías de desarrollo es el de desarrollar una capacidad para hacer investigación y desarrollo de calidad. Ricardo Rodríguez coincidió con Cylon da Silva en este punto; y agregó que actualmente el Sincrotrón, en términos de flexibilidad y uso multidisciplinario, es por mucho el instrumento universal de investigación más importante del Siglo XXI.



Imágen XXIII Cylon da Silva, Ricardo Rodríguez y Aldo Craievich

El grupo que impulsó esta iniciativa estaba formado por solo cuatro personas: Cylon da Silva, Ricardo Rodríguez, Aldo Craievich y Roberto Lobo. Este último fue quien concibió la idea de construir un Sincrotrón en Brasil, pero su carrera académica hizo que abandonara muy temprano este proyecto al ser nombrado rector de la Universidad de Sao Paulo.

Da Silva afirmó que la mayoría de los políticos de aquel entonces en Brasil no tenían idea sobre la importancia del papel que juega la ciencia en un país y que la aprobación del sincrotrón fue “oportunista”. Explicó que “al mismo tiempo que tratábamos de conseguir fondos para el sincrotrón, tuvimos la suerte de que el Gobierno en turno creó el Ministerio de Ciencia y Tecnología. El primer ministro de ciencia, Renato Archer, era una persona que vino de la armada”. Archer había trabajado en los años cincuenta con otro almirante brasileño que desarrolló proyectos de energía nuclear en Brasil y por ello estaba muy sensibilizado ante las preguntas tecnológicas de relevancia y estaba enfocado en lograr que Brasil fuese tecnológicamente independiente. Da Silva añadió que: “...le presentamos el proyecto al ministro, él tenía

un conocimiento sólido de la función de los aceleradores y comprendió lo que intentábamos lograr desarrollando una tecnología propia. Esta reunión fue un momento decisivo en el proceso para que el proyecto se hiciese una realidad”.

Todas las partes coincidieron en que la tecnología necesaria para construir el sincrotrón tendría que ser desarrollada en Brasil. El Ministro concluyó “eso es lo que quiero para el país”. Otra persona en su lugar, reflexionó El ex director , probablemente no hubiese reaccionado de la misma manera; y recalcó que la decisión de construir un sincrotrón es “básicamente política” pues “...no hay manera de construir un caso de negocios, propiamente hablando, como si un sincrotrón fuese una empresa privada. Entendiendo un caso de negocios, en este sentido, como un estudio que pruebe que un sincrotrón pueda generar suficientes recursos para ser autosustentable económicamente”.

Aunque ya había sido aceptada la propuesta, no dieron por concluido el proceso, era sólo el comienzo. Ahora faltaba lograr que los fondos llegaran al banco y ese era desafío a superar. Si bien el proyecto fue aprobado, el Gobierno nunca destinó una cantidad total de dinero para empezarlo. En Brasil los recursos se aprobaban poco a poco, año con año, mes con mes. El Gobierno no podía comprometerse legalmente a proyectos que rebasaran el año fiscal. El presupuesto federal es anual por lo que tenían que pelear sistemáticamente, todos los años, para la aprobación de estos recursos y después para su entrega.

Da Silva tenía que acudir al Congreso cada período presupuestal para convencer a los miembros del Comité de Ciencia, Tecnología y Radio y Televisión para que liberaran los fondos necesarios. Los intereses del comité se centraban sobre aspectos de Radio y Televisión; en general, su conocimiento sobre el proyecto era muy difuso.

Pese a esto, a través de los años lograron consolidar un equipo, integrado por cuatro legisladores muy influyentes, que los ayudaban en este proceso presupuestario. Estos miembros pertenecían a diferentes partidos políticos. El proyecto tenía apoyo de ambos extremos en el espectro político: de la ultra derecha y de la ultra-izquierda. Pese a este apoyo, ninguno de estos partidos quiso incluir el sincrotrón como parte de su plataforma política. No veían frutos políticos en esta empresa ya que consideraban que esta iniciativa sería muy difícil de ser “vendida” al electorado. Estos miembros del congreso visitaron las instalaciones varias veces y fueron informados detalladamente sobre la importancia de este instrumento en el contexto científico mundial.

Una de las disciplinas que más usaron para promover el sincrotrón en el mundo político, fueron sus usos para el desarrollo de aplicaciones en microelectrónica. Cylon indicó que “uno de los temas que nunca nos imaginamos en aquel entonces fue la importancia que jugaría el sincrotrón en investigaciones en otras áreas como la de biología. Es mucho más fácil vender las virtudes de un sincrotrón el día de hoy, con base en a sus aplicaciones multidisciplinarias (medicina, biología, farmacología, minería etc.), que hace 30 años cuando la mayoría de las aplicaciones estaba enfocada a la física, química y a la emergente cristalografía de proteínas. Por lo que da Silva sugirió que “hay que adaptar el mensaje al contexto actual para poder promover la idea del sincrotrón más fácilmente”.

12.2.2 Marco Jurídico

La estructura administrativa de Brasil a finales de los años noventa era poco compatible con las necesidades administrativas de un complejo tecnológico como el sincrotrón. En 1998 se aprobó la *ley de organizaciones sociales* la cual permitía al

sincrotrón operar como una institución moderna. Esta ley sentó las bases para establecer un nuevo tipo de relación contractual con el Estado. Cylon indicó que bajo sus estatutos le dicen al Estado “... vamos a hacer esto, nuestros objetivos y metas son las siguientes y ustedes pueden medir nuestro avance de acuerdo a los siguientes indicadores. De esta manera ustedes nos dan el dinero y cada año ustedes pueden checar si logramos lo que estaba especificado en el contrato. La evaluación se hace de manera pública”.

El Coordinador del Proyecto Técnico de Sirius agregó su punto de vista al respecto: pese a todo, el LNLS nació como una institución gubernamental, no como una compañía semi-privada. A partir de 1998, después del inicio del proyecto, fue posible crear un tipo nuevo de organización que permitió que el sincrotrón operara como una entidad semi-independiente del gobierno. Es “semi” porque todavía está sujeta a alguna de las leyes y reglamentación del sector público pero recibe su financiamiento a través de un contrato con el Gobierno. Antes éramos tratados como cualquier departamento de gobierno. Había un presupuesto y el presupuesto especificaba cuanto teníamos que gastar en capital y en operación. El nuevo modelo tiene dos ventajas. La primera es que los empleados no son empleados públicos. Lo que significa que es mucho más fácil contratar y despedir a los trabajadores, más flexibilidad. La segunda es que el dinero que se recibe del gobierno no está encapsulado en rubros específicos. Es dinero, pero no está atado a un presupuesto específico. Lo que significa que el sincrotrón puede distribuir el dinero de acuerdo a las necesidades internas. Es mucho más flexible. Bajo este modelo, el sincrotrón no tiene que pagar impuestos por ingresos (como si fuese una empresa privada). Sin embargo, está sujeto al pago de otros impuestos como los de venta o cargos de importación. Recientemente este proceso se hizo menos oneroso pues se otorgaron otorgar exenciones de pago de impuestos por equipos asociados a

investigación y desarrollo. Las compañías privadas no tienen estas exenciones. El valor del contrato entre el sincrotrón y el Gobierno es aprobado por un período de cuatro años pero se sigue negociando y afinando anualmente.

12.2.3 Selección de la ubicación del Sincrotrón LNLS

El Sincrotrón se ubicó en las inmediaciones de la Universidad de Campiñas (UNICAMP). Esta decisión fue el resultado de la disposición de terrenos en la zona, el acceso a buenas vías de comunicación y su proximidad con la ciudad de Sao Paulo, localizada a 83 kilómetros de distancia. Los terrenos fueron donados por el gobierno de la región de Sao Paulo.

12.2.4 Estrategia general

Da Silva, en su artículo de Stanford sobre la creación del LNLS, detalló la estrategia general que se siguió para el desarrollo del proyecto, éste se dividió en tres partes. La primera parte estaba enfocada a la tarea de ingeniería para construir una luz sincrotrón y los instrumentos científicos asociados para la investigación. La segunda a la investigación propia de materiales e inter-disciplinaria; y la tercera a la creación de un laboratorio nacional que generara proyectos de colaboración internacional, particularmente en Latinoamérica y con otros sincrotrones en el mundo. El ex director del LNLS estimó que la tarea más difícil fue la tercera, porque no había precedente en Brasil de cómo formar un laboratorio nacional y más dócil aún pues en el contexto había un sin fin de intereses que no querían que existiese un laboratorio de este tipo.



Fuente:

<http://194.109.159.7/cern/20101224000217/http://www.slac.stanford.edu/pubs/beamline/26/1/26-1-dasilva.pdf>

12.2.5 Diseño y Construcción

12.2.5.1 Diseño

Ricardo Rodríguez relató que en 1983, año en que se diseñó el sincrotrón, no había nadie en el país con el conocimiento para llevar a cabo esta empresa. Por lo que tomaron el único camino que les quedaba, ir aprendiendo en el camino, a “prueba y error”. No había tiempo de capacitar a la gente en el extranjero. Los estudiantes reclutados en este proyecto eran egresados de física y de carreras ingenieriles. El mismo A Ricardo D. Rodríguez se capacitó en un periodo muy breve, con otros dos investigadores, a través de una estadía de tres meses en Stanford. Durante esos meses hicieron un diseño preliminar de la instalación en su conjunto, no fue detallada pero cubría todos los aspectos principales. D. Rodríguez comentó “...después repartimos responsabilidades entre la gente que contratamos y los motivamos a estudiar y a construir la parte que les tocaba. Formamos 13 grupos por especialización, con un máximo de cinco personas cada uno”. Tuvieron un gran apoyo del Profesor de Stanford, Helmut Wiedemann quien participó en el diseño de una primera versión del anillo de almacenamiento del LNLS, versión que fue invaluable en términos de capacitación

aunque nunca vio la luz del día. También se apoyaron en un Comité Internacional formado por siete especialistas que revisaban sus diseños y les hacían recomendaciones para mejorarlo. Se reunían dos veces al año por tres días para discutir el proyecto. Esta práctica tuvo tanto éxito que decidieron formar un comité científico similar para el proyecto Sirius.

12.2.5.2 Alianzas SLAC, SSRL, FERMILAB

Tanto laboratorio del acelerador lineal de Stanford (SLAC⁶⁴) como el Laboratorio de Radiación de Sincrotrón de Stanford (SSRL⁶⁵) apoyaron decididamente el proyecto brasileño. En el artículo de 1996, Cylon narraba que a principio de los años ochenta Roberto Lobo, entonces Director del Centro Brasileño de Investigación Física (CBPF), y Roberto Salmerón, un brasileño expatriado trabajando en el CERN y la Escuela Politécnica en París, discutían sobre las formas de estimular la investigación experimental en Brasil. Como producto de estas conversaciones surgió la idea del sincrotrón. En consonancia con estas inquietudes, el profesor Helmut Wiedemann de Stanford, dio un curso introductorio de fuentes de luz sincrotrón. Estos y otros apoyos recibidos por investigadores de Fermilab⁶⁶ y de la Universidad del Estado de Luisiana en los Estados Unidos fueron evidencia clara de la buena disposición que había en la comunidad científica internacional para apoyar el proyecto sincrotrón en Brasil.

12.2.5.3 Estrategia: construcción y equipamiento

⁶⁴ Stanford Linear Accelerator Center

⁶⁵ Stanford Synchrotron Radiation Lightsource

⁶⁶ <http://www.fnal.gov>

Cylon da Silva explicó el proceso que utilizaron en las etapas de construcción, equipamiento y operación.

En la etapa de construcción se trató de incluir a compañías locales en muchos aspectos relacionados a la construcción. Desde el punto de la ingeniería civil, aunque había muchos elementos de baja tecnología, había otros que requerían tecnologías de punta como la construcción de los cimientos. La construcción del sincrotrón requirió de un grado alto de especialización, por ejemplo para minimizar las vibraciones. Era un proyecto muy sofisticado que —pese a todo— podría ser construido, en su mayoría, por compañías locales.

Los recursos federales asignados al proyecto impulsarían la economía local. En los casos en donde no había una compañía local con la capacidad de construir lo que se demandaba, se le pidió a la empresa extranjera seleccionada que utilizara, en la medida de lo posible, mano de obra y materiales locales, así se hizo con los imanes y los sistemas de control. Había otros aparatos e instrumentos en donde no tenían opción alguna y tendrían que ser comprados en el extranjero, como las bombas de vacío de alta tecnología. Da Silva añadió que el tiempo de construcción se podría haber reducido un par de años si se hubiese seguido el modelo australiano, en donde la mayoría de la tecnología se compró en el extranjero y se ensambló localmente.

El ex director del LNLSconcluyó que un sincrotrón que balancee bien las necesidades internas de desarrollo tecnológico; las ventajas y desventajas de importar equipos e instrumentos; el uso, en la medida de lo posible, de proveedores locales para diseñar, construir o instalar estos equipos, podría ser construido en un periodo de seis a siete años; y generar una gama adicional de beneficios para el país y para la región que lo hospedara.

Sin embargo, Da Silva explicó que en los años noventa Brasil no tenía muchas opciones viables que le permitieran seguir otros modelos. En contraste con la construcción de LNLS, el enfoque del equipo del Sirius es el de usar, en la medida de lo posible, proveedores nacionales o extranjeros que cuenten con la última tecnología en el ramo específico que se necesita. Porque la situación es muy diferente actualmente.

El ex director expresó que en esos años era muy difícil importar equipo y contratar recursos humanos especializados. Era muy raro ver que compañías extranjeras de alta tecnología estuviesen dispuestas a viajar a Brasil para proporcionar servicios localmente. Este hecho confirmaba su filosofía de que “si lo construían ellos mismos, ellos aprenderían en este proceso todo lo que se tenía que saber sobre esta máquina”. Esto les daba la ventaja de que si algo fallaba y o se descomponía, ellos estaban en la mejor posición para resolver el problema internamente. Actualmente el contexto político y económico ha cambiado, aunque los trámites aduanales aún son complejos y mercado del trabajo muy reglamentado, la obtención de permisos de trabajo sigue siendo un procedimiento muy burocrático.

12.2.5.4 Miembros del equipo LNLS

Los científicos involucrados en el sincrotrón tomaron su construcción como un proyecto personal y estaban completamente comprometidos con esta iniciativa. El equipo de científicos que construyó el sincrotrón era muy joven. Cylon da Silva tenía 40 años, pero la edad promedio del resto del equipo era de 26 años. El ex director del LNLS expresó su admiración por este equipo, por su empeño, dedicación, esfuerzo, compromiso e ilusión. El liderazgo y la juventud del equipo científico fueron cruciales para el éxito del proyecto. Muchos miembros del equipo apenas estaban terminado sus estudios. A mediados de los años ochenta había solamente una persona en Brasil con la

voluntad y el conocimiento para ser el líder técnico de este proyecto: Ricardo Rodríguez, un físico muy joven de la Universidad de Sao Paulo quien aceptó el reto de convertirse en el director técnico, su responsabilidad principal fue construir el acelerador.

La estrategia que siguieron, señaló Cylon, fue la de capacitar internamente a un grupo reducido de gente. Había “un método en nuestra locura”, queríamos que las cosas pasaran rápidamente, si hubiésemos mandado a gente al extranjero a estudiar doctorados o posdoctorados en física, hubiese tomado cuatro o cinco años para que regresaran, si regresaban. Y aun así no hubiesen sabido nada sobre Brasil, donde comprar un clavo o qué compañías podrían participar en el proyecto. Los jóvenes científicos también se capacitaran por períodos cortos en el extranjero. Tuvimos el apoyo de expertos internacionales en 1989 y 1991 que también revisaron el proyecto.

D. Rodríguez añadió “Empezamos un proyecto, con gente recientemente egresada de la Universidad, para construir el acelerador lineal. Porque el acelerador lineal envuelve todas las tecnologías básicas que se necesita conocer para construir un sincrotrón (imanes, bombas de vacío, microondas, controles etc.). Sin embargo, en 1997 o 1998 decidimos comprar la estructura del acelerador en China. De lo contrario el proyecto hubiese avanzado muy lentamente. Los chinos habían aprendido a construir aceleradores de Stanford (SLAC). Dominaban esta tecnología y era muy barata”.

12.2.5.5 Usuarios

Desde el principio empezamos a abrir las posibilidades para que nuestros estudiantes trabajaran con usuarios en el extranjero sin tener que estudiar doctorados y/o posdoctorados que les tomarían años en terminar. A finales de 1986 Aldo Craievich aceptó la posición de Subdirector del LNLS como responsable del programa científico.

Aldo trabajó en paralelo para construir los aceleradores y para expandir la comunidad de usuarios. Empezó por organizar mesas de trabajo para identificar el tipo de investigaciones que se llevaban a cabo en otros sincrotrones en operación. Esto permitió que la comunidad científica brasileña desarrollara vínculos sólidos con otros usuarios en el extranjero.

Cylon comentó que muchos de los usuarios actuales del sincrotrón no habían nacido cuando se empezó el proyecto. Empezaron con reuniones de usuarios, invitaron a quien estuviera interesado, incluyendo a las asociaciones científicas por disciplina. No crearon escuelas para usuarios, sino usaron a las universidades como interlocutores para que se encargaran de esa tarea. El pequeño equipo de cristalografía de proteínas (5 o 6 personas) era muy activo, estaban entusiasmados por las posibilidades que ofrecía el sincrotrón. En 1962 Max Perutz había ganado el Premio Nobel usando técnicas de cristalografía en el sincrotrón para determinar la estructura de la hemoglobina, estos premios internacionales motivaban a los investigadores a explorar técnicas en diferentes disciplinas. Difundieron las virtudes del sincrotrón entre los académicos e investigadores del país y lo lograron, el LNLS recibe alrededor de 1000 usuarios anualmente. Establecieron las reglas del juego: los usuarios privados que quieren hacer su propia investigación tienen que pagar. Los usuarios provenientes de instituciones públicas no pagan por estos servicios. Actualmente los ingresos propios, procedentes de los usuarios privados, no generan más del 3% de los ingresos.

En el artículo de Stanford, Da Silva mencionó que en 1992, gracias al apoyo entusiasta de Volker Saile, el LNLS pudo instalar su primera línea experimental en el Centro de Microestructuras Avanzadas y Aparatos de la Universidad del Estado de Luisiana en Baton Rouge. Esto les permitió cumplir con tres tareas antes de que empezara a operar el sincrotrón (en 1997):

- Probar que la línea experimental funcionaba de acuerdo a lo esperado,
- Capacitar al equipo del LNLS para poder mantener y operar la línea en óptimas condiciones.
- Permitir que los usuarios condujeran experimentos en la línea de experimentación.

El subdirector científico, Harry Westfahl, indicó que en el año 2014 el LNLS tuvo 1400 usuarios; este sincrotrón trabaja tres turnos al día, de lunes a viernes. La mayoría de los usuarios son de las áreas de la química, ciencias puras y física.

El perfil de los usuarios es diferente que en el ALBA y otros sincrotrones europeos. El LNLS es una máquina de segunda generación que no ofrece el rango de análisis que demandan estudios como los de cristalografía de proteínas. Tienen un grupo pequeño en áreas como la biología estructural, producen ciencia de alta calidad y esto se hace evidente en los artículos publicados en revistas de primer orden. El subdirector añadió: "...no tenemos una gran cantidad de usuarios en otras áreas. Por lo que en el Sirius tendremos una línea de cristalografía de proteínas muy competitiva, pero será la única de su tipo en un principio. Esperamos que esta línea facilite el crecimiento de este grupo altamente calificado de biología estructural".

Una de las comunidades científicas que ha crecido más rápidamente es la de los químicos especializados en reacciones catalíticas. Es un área de investigación muy desarrollada en Brasil, este grupo busca identificar métodos más eficientes para generar las mismas reacciones catalíticas que se obtienen por métodos tradicionales.

Las comunidades que investigan polímeros estructurales, ciencias básicas enfocadas a magnetismo (propiedades no convencionales de los materiales) y superconductividad están teniendo un crecimiento acelerado. Por otra parte, Westfahl

señaló que los usuarios provenientes de la industria están más orientados a la tecnología aplicada, como medios digitales y propiedades convencionales eléctricas. Estimó que el 70% de las investigaciones realizadas corresponden al área de ciencia aplicada y el 30% al área de ciencia pura. El tipo de investigación está limitada por las especificaciones técnicas del LNLS como rayos X de baja energía. Para análisis de concreto o de metales pesados se necesitan rayos X de alta energía, estas limitaciones serán superadas en el Sirius.

Westfahl explicó que tenían 20 científicos en el LNLS que viajaban frecuentemente en todo Brasil para impartir cursos relacionados al sincrotrón, para demostrar sus usos y las técnicas disponibles, de esta manera buscan expandir la base de usuarios. Hay otras áreas estratégicas en donde el LNLS ha tenido un número de usuarios muy pequeño, como es el caso de ciencias del suelo y agricultura; esta última es un área importante en Brasil, ya que el 50% del ingreso del país proviene de agricultura. Con la finalidad de incrementar el número de usuarios en esta área contrataron a especialistas en la materia y se enfocaron a difundir el “mensaje sincrotrón” localmente. Otra área de atención es la de investigación en petróleo, aunque en este campo tienen limitaciones ya que las respuestas a muchas preguntas de los investigadores están en el análisis de rocas y ello se necesita una máquina con alta energía.

Westfahl comentó que el número de usuarios que tiene actualmente es muy bueno con relación a otros sincrotrones. Actualmente están concentrados en los aspectos relacionados con la calidad de la investigación. Regularmente reciben 600 propuestas de investigación por año y aceptan 400, hay un índice de aceptación de propuestas del 60% por línea de experimentación. Cada propuesta involucra un promedio de tres o cuatro usuarios. En independencia de estas 400 propuestas generan alrededor de 200

publicaciones en revistas científicas y entre 36 y 37 artículos al año en revistas de alto impacto.

Comentó que tienen una línea experimental que es altamente competitiva, la cual será transferida al Sirius, esta línea conocida como PGM (Monocrometro de gradiente plano) puede ser por quienes quieren realizar experimentos de alta calidad pues en ella se instalaron varios aparatos con tecnología de punta. Para finales del 2015 podrán evaluar el impacto del uso de esta tecnología en la calidad de las investigaciones realizadas.

Recientemente instalaron un microscopio alemán de rayos infrarrojos (nano), que es el segundo de su tipo en el mundo, en una línea experimental del LNLS; con este aparato es posible hacer espectroscopía con rayos infra-rojos con una definición de un nanómetro. Por ejemplo, será posible que los investigadores puedan localizar una proteína en una célula, o analizar cómo una proteína reacciona con un medicamento. Experimentos de este tipo requieren una definición mayor a un micrómetro, este análisis no era posible con métodos tradicionales. Este microscopio también será destinado al Sirius.

Westfahl dijo que estaban preparándose para la transición, que han aprendido de otros sincrotrones que han pasado de tener un aparato de segunda generación a otro de tercera generación, y que están al tanto de la posible respuesta de los usuarios los cuales en ocasiones sienten que no se les tomó en cuenta.

12.2.5.6 Patentes

El subdirector científico explicó que hay pocas patentes registradas como consecuencia del uso del LNLS (sincrotrón de segunda generación) ; una de las razones es que este proceso es muy caro en Brasil y no hay muchas industrias interesadas en hacerlo, más

bien están enfocadas en identificar patentes que ya están registradas para tratar de producir nuevos materiales sin infringir las regulaciones. Una manera en como lo hacen es el buscar propiedades microscópicas en los materiales que no fueron incluidos en la patente original; esta información la usan para argumentar en contra de una patente. Es un área en donde hay muchas irregularidades.

12.2.5.7 Construcción

La experiencia del sincrotrón brasileño es única. Cylon da Silva contaba que, por razones del contexto brasileño, decidieron construir el sincrotrón con su propia tecnología y su propia gente.

El LNLS no tuvo problema alguno con los aspectos relacionados con la ingeniería civil. El equipo del sincrotrón puso mucha atención a este aspecto de la construcción; en particular porque sabían que era una parte crítica y costosa del proyecto, y no tenían los recursos para hacerla de nuevo.

A diferencia del contexto español, las regulaciones brasileñas de los años noventa no obstaculizaron la obtención de los permisos de operación. Tuvieron que solicitar un permiso a la Agencia Brasileña de Energía Nuclear para poder operar los aceleradores, consiguieron toda la documentación necesaria sin problemas.

El equipo del sincrotrón organizó una capacitación para los funcionarios de las instituciones reguladoras pues éstos estaban acostumbrados a trabajar solamente con reactores nucleares. En proceso de capacitación se explicaba que una vez que el acelerador era apagado no había emisión alguna de radiación; y que a diferencia de un reactor, un acelerador se podría apagar y encender todos los días si así se deseaba. Actualmente hay más conocimiento sobre el tema y las reglamentaciones son más estrictas.

12.2.5.8 Licitaciones públicas

Las licitaciones públicas eran muy específicas y aunque la etapa de construcción en algunos casos fue externa, los proveedores seguían el diseño del equipo del LNLS y éste llevó el control de calidad. Esta estrategia evitó que hubiese disputas legales. En contraste con la experiencia española, no hubo retrasos de importancia en la entrega de equipos y la relación con los proveedores fue muy eficiente. Hubo otros factores más preocupantes, uno de ellos fue que el período en que se construyó el sincrotrón, Brasil experimentó tasas de inflación del 80% mensual. Al principio del mes no sabían si el dinero que recibirían sería suficiente para pagar los salarios de los empleados. El presupuesto era aprobado anualmente y no había aumentos para contrarrestar la inflación. Da Silva tenía que viajar frecuentemente a la capital para asegurarse de que el flujo de efectivo no fuese parado; el actual subdirector científico recuerda que "...fue un período muy estresante y difícil para todo el equipo del LNLS".

12.2.5.9 Estructura organizacional

Se tomó la decisión consciente de no involucrar directamente a ninguna universidad en la estructura de gobierno del sincrotrón; en particular porque se querían superar algunas prácticas no recomendables que solían estar presentes en el medio académico.

12.2.5.9.1 Estructura salarial

La administración de LNLS procuró ofrecer salarios que fueran competitivos dentro de Brasil y de la región de Campiñas. Con la introducción de la ley de organizaciones sociales tenían flexibilidad para cambiar la estructura salarial. Uno de los lineamientos

que establecieron para la asignación de salarios fue que el egreso total en este rubro no superara el 60% del ingreso total; de esta manera podían garantizar que hubiese suficiente dinero para invertir en equipos y para operar consistentemente.

Cylon da Silva comentó que tanto el sincrotrón como la infraestructura científica complementaria en su alrededor era un gran incentivo para que los científicos jóvenes quisieran trabajar ahí pues no podían competir a los salarios de IBM. Recalcó que en este sentido también han tenido éxito, porque la rotación de personal en el LNLS no es muy alta.

El exdirector del LNLS señaló que el número de trabajadores a contratar fue el resultado de tres cosas: dinero, necesidad científica y candidatos excelentes. Indicó que cuando el sincrotrón empezó a operar teníamos entre 120 y 130 trabajadores. La mayoría de los trabajadores que participaron en la etapa de construcción continuaron trabajando en la etapa de operación. Cylon da Silva comentó que no hubo problemas en esta transición ya que los científicos que participaron en su construcción fueron necesitados posteriormente para labores de mantenimiento. Explicó que tenían una lista de más de 1000 cosas que se tenían que checar diariamente antes de empezar los experimentos. La experiencia de la gente en el área ayudó a que esta tarea fuese más sencilla. Los que construyeron y ensamblaron la máquina eran de los mejores en el país, conocían los aparatos completamente y podían realizar las funciones de operación y mantenimiento sin problema alguno. Como la mayoría de las líneas de experimentación fueron construidas en casa la transición fue muy fácil y ágil.

A Ricardo D. Rodríguez y Cylon da Silva explicaron que el sincrotrón no es un ente totalmente independiente, forma parte de una organización central conocida como

el Centro Nacional de Investigación Energía y Materiales⁶⁷ el cual agrupa el LNLS, el Centro de Nanotecnologías, y el Laboratorio Nacional de Ciencia y Tecnología de Bioetanol. Esta organización administra la compra de materiales y equipo, recursos humanos etc. La idea del CNEPM fue el generar el ambiente propicio para hubiese una gran interacción entre todas estas partes, consideran que ha sido parcialmente exitoso. Al final de cuentas, señala da Silva, depende de la gente. En algunos casos hay una fuerte interacción entre las partes; en otros, los investigadores se encierran en sus cubículos y no interactúan con nadie.

12.2.5.9.2 El sincrotrón como parte de un laboratorio nacional

El objetivo era hacer del CNEPM un laboratorio de carácter nacional. El número de investigadores empleados por esta institución es mucho menor que los investigadores que son usuarios de estos equipos. El 15% de los usuarios provienen del extranjero, principalmente de Argentina.

12.2.5.9.3 Consejo de administración

El consejo de administración del LNLS tiene 15 miembros, algunos vienen de la industria, otros de asociaciones profesionales y otros de academia. Un tercio de ellos son nombrados y propuestos por el Ministro de Ciencia y Tecnología; otra tercera parte es elegida por el consejo de administración, hay un representante de la academia nacional de ciencias, otro de la Asociación Brasileña para el Avance de la Ciencia⁶⁸ otro

⁶⁷ www.cnepm.br

⁶⁸ Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)

de la asociación brasileña de compañías que realizan investigaciones industriales. Es una bolsa mixta, si hay una vacante, el consejo tiene un comité de selección formado por cinco personas, de los cuales dos son miembros del consejo directivo. Este comité se encarga de anunciar públicamente y reclutar al personal que se requiere y le recomienda al consejo la persona seleccionada; el consejo vota a favor o en contra de esta recomendación. El director del sincrotrón es nombrado por un período de tres años con posibilidades de ser reelegido una vez. Da Silva comentó que anteriormente no existía esta limitación, él fue director del sincrotrón por 15 años.

12.2.5.10 El sincrotrón en la academia

El sincrotrón recibe estudiantes de doctorado y posdoctorado, la mayoría de la supervisión tiene que ser llevada por las universidades ya que el sincrotrón no tiene los registros académicos necesarios para tomar esta responsabilidad. Las universidades toman una posición muy estricta y solo han aprobado a un grupo reducido de personas para asumir esta responsabilidad. Los estudiantes terminan teniendo dos supervisores, uno en la universidad y el segundo en el sincrotrón pues estas instituciones argumentan que ellos no pueden aceptar a un solo supervisor externo, pues tienen la obligación de proteger la reputación académica de sus organizaciones universitarias.

12.2.5.11 Líneas experimentales

Las 18 líneas experimentales del LNLS operan al 100% de su capacidad. El comité de selección acepta 7 de cada 10 solicitudes para investigación en el sincrotrón. Esto con el fin de concentrarse en proyectos de calidad. El LNLS no tiene actividad los fines de semana, la máquina continua encendida pero no hay personal haga uso de ella, apagar la maquina podría generar problemas de operación. Durante la semana hay tres turnos, es

decir trabajan las 24 horas del día. Del 100% del tiempo en operación el 25% se ocupa en actividades de mantenimiento preventivo y correctivo y proyectos internos. Esto significa que si el coordinador de la línea de experimentación quiere llevar a cabo alguna investigación, el único tiempo disponible tendría que salir del 25% asignado para mantenimiento. El otro 75% se dedica a los usuarios y este tiempo está completamente reservado para los usuarios.

Ricardo Rodríguez indicó que tienen un gran número de investigadores externos, no asociados al sincrotrón, que evalúan los proyectos y los organizan jerárquicamente, se les pagan dos días para llevar a cabo esta tarea. En la decisión sobre el tipo de líneas experimentales a construir hay que considerar aquellas que utilizan técnicas estándares que pueden ser usadas por una variedad de investigadores multidisciplinarios. Westfahl mencionó que sería importante desarrollar una tabla en donde se enlistaran las diferentes técnicas que se han usado en el sincrotrón por disciplina. El LNLS tiene un documento específico para la industria de petróleo y gas sobre las técnicas que se han usado en todo el mundo.

12.2.5.12 El futuro del LNLS

Ricardo Rodríguez, el arquitecto de los aceleradores del LNLS y actual coordinador del proyecto Sirius comentó que no habían tomado la decisión sobre si el LNLS sería de comisionado una vez que el Sirius entre en operación plenamente. En particular, porque el LNLS es una instalación nacional y su posible cierre final tendría que ser consultado con los usuarios nacionales e internacionales. El LNLS tiene varias limitaciones, en particular en cuanto a la brillantez de la luz lo cual lo colocaría como una máquina de segunda generación. El LNLS tiene una emisión de 100 nanómetros (nm), Sirius tendría

solamente .28nm. Westfahl también indicó que es probable que este cierre se haga gradualmente.

12.2.6 Lecciones aprendidas

12.2.6.1 Flujo de efectivo

El ex director del LNLS concluyó que, bajo las circunstancias políticas y económicas que los rodearon, hicieron lo que se pudo. Con más dinero, y si el flujo de efectivo hubiese sido más regular, hubieran construido el LNLS en menos tiempo, el periodo de construcción se podría haber reducido dos o tres años. Comentó que hubo un período de cuatro años en donde básicamente estuvieron en estado de hibernación, los avances durante ese lapso de tiempo fueron muy lentos y la falta de efectivo consumió muchas de sus energías.

12.2.6.2 Suministro de electricidad

El LNLS ha operado sin tener una subestación eléctrica dedicada al sincrotrón. Antonio Roque da Silva explicó que el LNLS tuvo como desafío fundamental el lograr un suministro de energía eléctrica seguro, confiable y a precios razonables. Por errores en la planeación el suministro eléctrico no estuvo contemplado en los planes originales y esto causó muchos problemas al equipo. En el año 2001 pudieron disponer de dos transformadores eléctricos de alto voltaje que aliviaron, en parte, este problema. LNLS no tenía arreglos específicos de precio por MWh con el proveedor de suministro eléctrico. En un principio recibían la electricidad de la red de bajo voltaje, la que abastecía a la ciudad de Campiñas, lo que hacía que el suministro fuese inestable y muy caro. Cuando cambiaron a la línea de alto voltaje la estabilidad en el suministro mejoro mucho y el precio bajo el 30%. Cabe mencionar que el precio de la red de alto voltaje

era menor porque el costo de mantenimiento asociado era bajo y solo era usada por las industrias que consumían mucha electricidad.

Rodríguez comentó que aún con las mejoras en el abasto de energía eléctrica, la mayoría del 2% del tiempo muerto del sincrotrón es resultado de los problemas asociados con la calidad del suministro de electricidad. Como respaldo tienen un pequeño generador de 1.3 MWh de diesel, no es una máquina de UPS (suministro de poder continuo) pero evita que tengan que apagar el sincrotrón. Sin duda no es la opción ideal, pero les ha funcionado razonablemente.

12.2.6. Efectos de la variación en el suministro eléctrico en equipos electrónicos

Otro aspecto negativo provocado por los flujos en el suministro de electricidad es el efecto que tiene en el equipo electrónico, se corre el riesgo de que se quemen los circuitos. El apagar y encender el equipo constantemente genera problemas en el mismo, por lo que es necesario tener y mantener un sistema electrónico lo más robusto posible. En el Sirius van a tener un sistema similar pero que tiene una mayor potencia (6MWh). El costo de un sistema ininterrumpido de suministro eléctrico (UPS) es muy alto, aproximadamente \$10 millones de dólares estadounidenses.

12.2.6.4 El Sincrotrón como una fábrica de recursos humanos altamente calificados

El ex director del LNLS explicó con gran entusiasmo que el mejor resultado que ha generado el sincrotrón ha sido la capacitación de los usuarios, los ingenieros y los técnicos: “Creamos carreras que no existían en el país y la gente ha sido tan exitosa en este campo que uno de los jóvenes que participo en el LNLS y aprendió este arte en Brasil es el líder del proyecto de sincrotrón en Suecia: y hay otros ejemplos, la capacitación de científicos de alto nivel es la función principal del sincrotrón”.

Añadió “Siempre vi el sincrotrón como una sala de espera de primera clase, yo no quería que la gente envejeciera aquí, quería que viniesen, se capacitaran, hicieran lo mejor que pudiesen y se mudaran a otras partes (universidades, industrias)”. Muy pocos investigadores se han quedado todos estos años en el sincrotrón.

12.2.6.5 El costo personal de un proyecto como el sincrotrón

La revista *Nature* publicó un suplemento sobre las ciencias en Latinoamérica y entre los primeros centros de investigación estaba el LNLS, compitiendo con universidades de gran tamaño y con miles de millones de dólares de presupuesto. Lograr este grado de competitividad no fue fácil, da Silva comentó que este logro tuvo un gran costo en su vida personal pues no le pudo dedicar el tiempo que quería a su familia. El sincrotrón mexicano le estaría sirviendo a la gente que el día de hoy está estudiando el preescolar o la primaria, o que todavía no ha nacido. Es un imán que atrae gente muy brillante, a quienes le gustan los desafíos grandes y con un gran compromiso personal, esta gente va a cambiar el mundo. Atrae la mejor gente del mundo. Los líderes del futuro.

12.2.6.6 Transferencia de tecnología a la industria local

El subdirector científico del LNLS señaló que no se ha logrado transferir a la industria la enorme cantidad de conocimientos que generó el diseño, construcción y operación del LNLS. Pero, al mismo tiempo, la industria no estaba lista para recibir este cúmulo de conocimientos y el sincrotrón no generó una estrategia para transferir este conocimiento a otras partes de Brasil y del mundo. Añadió “Esperamos que con Sirius tengamos una experiencia más positiva en la transferencia de tecnología, que sea diferente”.

12.3 Sirius

12.3.1 Breve historia

Sirius fue aprobado por el Gobierno Brasileño en el año 2012 y se planea que sea inaugurado a finales del 2016. Su aprobación tuvo una ruta más directa que el LNLS, pues la experiencia de este sincrotrón facilitó el proceso de gestión. Para diciembre del 2017 está programado que tenga cinco líneas experimentales en operación.

En un principio se pensó que el segundo sincrotrón brasileño, el Sirius, pudiese ser una colaboración entre Brasil y Argentina. El coordinador del proyecto técnico de Sirius indicó que ese era el sueño que compartían los científicos de ambos países; lamentablemente, la situación política y económica de Argentina no permitió que este sueño se concretara.

Esta situación ha impactado directamente a Argentina pues en el pasado ésta superaba científicamente a Brasil, pero esto ha cambiado substancialmente.

Sirius tiene un presupuesto de construcción de \$280 millones de dólares, que es muy bajo con relación a la tecnología que va a desplegar. Esto se debe, en parte, a que compartirá cierta infraestructura básica con el LNLS y por el conocimiento previo adquirido durante la construcción de su antecesor.

El director del sincrotrón LNLS, Antonio José Roque da Silva, ha declarado que el Sirius es una muestra al mundo de que Brasil "...es un líder en este campo y no solo un seguidor". Aunque el gobierno aprobó el proyecto, sólo ha autorizado la mitad del presupuesto; se espera que la otra mitad sea aportada por el Banco Nacional de Desarrollo de Brasil, la Fundación para la Investigación de Sao Paulo (FAPESP) y grandes usuarios de la industria como Petrobras.

El nombre de Sirius fue el resultado de una competencia interna entre los trabajadores del LNLS para sugerir la denominación. El coordinador del proyecto técnico comentó que recibieron muchas propuestas, entre ellas la de Sirius que es una estrella muy brillante y esa es una de las características principales de este sincrotrón, cuando entre en operaciones ocupara el segundo lugar entre las fuentes de luz con más brillantez en el mundo y utilizará tecnología de punta con relación a los sincrotrones de tercera generación.

12.3.2 Selección de la ubicación del Sincrotrón Sirius

La elección del lugar para la construcción del Sirius fue el resultado del contexto, se trata de un espacio que estaba disponible cerca del LNLS. No fue escogido por sus propiedades geológicas, por lo que el diseño de la infraestructura tuvo que encontrar soluciones que respondieran a las características del terreno. Hicieron un prototipo del piso para examinar como respondería a las vibraciones y a los cambios de temperatura, buscando estabilidad de largo plazo.

Sirius abarca un terreno de quince hectáreas en la región de Campiñas. El edificio fue diseñado en detalle en un período de dieciocho meses con un costo de \$2.5 millones de dólares estadounidenses. Las instalaciones ocuparán siete hectáreas y el edificio principal tendrá cuatro niveles. En el primer nivel estará el auditorio y oficinas administrativas. En el segundo nivel se localizará el sincrotrón; en realidad, dada la pendiente del terreno éste estará ubicado en la planta baja.



Imágen XXIV Terreno del Sirius

12.3.2 Diseño

12.3.2.1 Edificio

Oscar Vigna, coordinador del grupo de infraestructura del edificio que hospedara al Sirius, nos explicó que se formó un equipo científico-técnico que en el 2011 viajó a Europa para visitar varios sincrotrones y aprender de la manera en como los habían diseñado y construido. Las visitas incluyeron los sincrotrones Diamond, SOLEIL, ALBA y el SSRF⁶⁹. Durante las visitas intercambiaron experiencias con otros ingenieros, todos coincidieron que el principal desafío que tenían que superar era lograr la estabilidad de los cimientos que sostendrían los aceleradores y los haces experimentales de luz.

⁶⁹ Shanghai Synchrotron Radiation Facility

En el 2012 comenzaron el proyecto ejecutivo, lo que les permitió empezar el proceso de contratación de las empresas constructoras. El equipo del Sirius ya contaba con todas las especificaciones técnicas del edificio y de los equipos más importantes.

Vigna Silva indicó que en Brasil no era fácil encontrar una compañía que fuera experta en todas las áreas que se requerían, por lo que optaron por contratar una compañía que coordinara a las empresas constructoras con especialidades específicas.

Esperaban tener todos los planes del edificio en ocho meses, pero les tomó dieciocho meses consolidarlo, en particular porque tuvieron que resolver muchos temas en relación a los cimientos. Los técnicos de la empresa contratada, en conjunto con los técnicos del Sirius, desarrollaron un método de cimientos innovador, el suelo brasileño es distinto al de España y al de Inglaterra, por lo que la solución tenía que ser diferente a la observada en las otras instalaciones. Las características del sincrotrón brasileño son diferentes a las de los sincrotrones estudiados en Europa: la máquina se instalará en un espacio más reducido, las vibraciones que se generarán serán diferentes. Tuvieron que fabricar una serie de prototipos de pisos y evaluarlos cuidadosamente. Compararon cómo se transmitían las vibraciones entre un tipo de cimiento y otro, lo modelaron matemáticamente e hicieron varias simulaciones. Desarrollaron una técnica innovadora para los cimientos, que es el resultado de una combinación entre el sincrotrón Diamond en Oxford con el diseño usado en el Max IV, en Suecia. Usarán cimientos con pilares profundos de 15 a 17 metros de largo, en contraste con la solución de Suecia que fue construir cimientos con una profundidad de 4 metros y substituir la tierra por otra mezclada con cal. En el Sirius usaran cemento, con una profundidad de 3 metros, esta tierra se compacta en paquetes de 25 centímetros de diámetro, de tal manera que forman un bloque muy grande similar al de una piedra gigantesca, con la rigidez suficiente para amortizar las bajas frecuencias que se propagan a través del suelo. El túnel del anillo del

acelerador tendrá paredes de hormigón de entre 1 y 1.25 metros de grosor, la cubierta tendrá 1 metro de ancho. El piso tendrá 90 centímetros de textura. Como esta zona de la construcción es más pesada van a plantar 1,300 estacas que sustentaran toda esta estructura y todo el piso que fue modificado. Las estacas se clavarán directamente en el piso para formar un colchón entre el piso y el terreno, de tal forma que queda un espacio de 5 centímetros en donde no hay contacto entre el terreno y el piso, las estacas tendrán 40 centímetros de diámetro y entre 11 y 12 metros de profundidad.

El coordinador del grupo de infraestructura indicó que aunque todos los estudios geológicos de expertos que trabajan en mecánica de suelos les dijeron que esto no era necesario; para el equipo del Sirius, este procedimiento era una garantía de que con el tiempo no tendrían problemas. Se trata de una solución crítica en donde el enfoque principal es la calidad y no el costo. Es una medida de seguridad y para el equipo del Sirius garantiza que no hay riesgo de perder la gran inversión que implica este proyecto.

12.3.2.2 Equipo

Roque indicó que a diferencia del LNLS en donde la mayoría de los equipos, como los imanes, fueron construidos en casa; en el Sirius desarrollaron una alianza con compañías brasileñas para la construcción y el desarrollo de equipo de acuerdo a un diseño generado por el equipo técnico del Sirius. Explicó que una vez que reciban los imanes evaluarán si fueron construidos de acuerdo a las especificaciones técnicas que pidieron. Para poder hacer esta revisión compraron una máquina de medición en Alemania.

Antonio José Roque da Silva mencionó que la lista de proveedores no es muy extensa ya que hay pocas empresas internacionales y nacionales que venden este tipo de tecnología. Y en algunos casos, su propio desarrollo tecnológico les permito hacer cosas

“en casa”. En el Sirius se van a producir las cámaras de vacío internamente, esto lo aprendieron en el CERN. La experiencia técnica que ha generado el LNLS ha hecho posible que el equipo del Sirius desarrolle los prototipos del equipo clave, aunque posteriormente sea construido en el extranjero. Roque aclaró que no tenían necesariamente que desarrollar los prototipos en todos los casos, ya que las especificaciones técnicas era más que suficientes para poder comprar el equipo en el extranjero.

Explicó que en Europa es mucho más fácil porque hay muchos países y compañías en donde se puede comprar la tecnología que se necesita. En países como Estados Unidos prefieren comprar equipos en el extranjero. Por ejemplo, el sincrotrón de Brookhaven compró los magnetos a Dinamarca y el amplificador a Rusia. El equipo del Sincrotrón Max IV, en Suecia, ha demostrado una gran capacidad para desarrollar las especificaciones técnicas del equipo que requieren y comprarlo en el extranjero. Roque subrayó que era muy importante tener tecnología desarrollada internamente, ya que los sincrotrones son máquinas complejas que pueden fallar y no sería buena idea esperar a que alguien viajara desde Europa para resolver el problema.

Brasil tiene una gran ventaja, gracias al LNLS ha acumulado una gran cantidad de conocimiento, el tiempo de respuesta para reparar algún problema lo miden en horas y no en días. Roque explicó que el equipo que utilizan tiene un índice de seguridad de operación de casi el 98%, lo que lo posiciona como uno de los mejores niveles de seguridad de operación en el mundo.

El suministro de energía eléctrica representa el 40% de las fallas en la operación del sincrotrón (en relación al 2% del tiempo en que esta fuera de operación). Esto, sin embargo, no tiene nada que ver con fallas generadas por la operación del sincrotrón en

sí. Roque añadió “Si la electricidad es afectada por una tormenta o un accidente en alguna parte de la ciudad, nosotros nos vemos afectados. Tenemos un mantenimiento preventivo muy sólido.”

En 2012, una vez que el gobierno aprobó la construcción del Sirius, el equipo de trabajo entrega un reporte detallado del diseño de los aceleradores. Esto implica una gran interacción entre los físicos y los ingenieros que está sujeta al presupuesto asignado; en conjunto generan la estrategia que se seguirá para el diseño y construcción de cada elemento de la máquina. Esto tiene que ser revisado y aprobado por el comité asesor de la máquina que está conformado por un panel internacional. Todos los sincrotrones pasan por el mismo proceso.

La primera sesión de revisión del Sirius fue en el 2012, el comité internacional desafío al equipo pidiéndoles que hicieran un proyecto más ambicioso, porque el reto actual es construir máquinas de emisiones ultra-bajas (1 nanómetro de radiante), y que estén listas para responder a las necesidades del futuro, con una configuración más propia de la cuarta generación que de la tercera generación. Esa es la tendencia actual, es imprescindible considerarlo pues el proyecto que se construya ahora estará operando por los próximos veinticinco años. El tiempo de vida que se espera de Sirius es semejante al del sincrotrón suizo Max IV. Roque indicó que el grupo de aceleradores trabajó frenéticamente para proponer un nuevo diseño en el cual había que aumentar el número de imanes para estar a la altura del Max IV, se proponía que en lugar de tres imanes tuviese cinco, Max IV tendrá siete imanes. Esto porque la emisión de la luz es proporcional al número de dipolos al cubo. Entre más dipolos haya se obtiene una emisión menor. El ideal es tener más dipolos. Pero no sólo es poner más dipolos sino que hay que ensamblarlos en grupos de cuatro para incrementar el foco y en grupos de seis para corregir aberraciones.

Si se incrementa el número de dipolos, el anillo de almacenamiento y el edificio tienen que aumentar en tamaño y por lo tanto el costo del proyecto también se incrementa. El desafío fue ampliar el número de dipolos sin escalar mucho el tamaño de la máquina. Se necesitan imanes más fuertes, mejores cámaras de vacío, etcétera. Todo tiene que ser más estable con relación a las vibraciones y con un mejor alineamiento; por ende, la complejidad del proyecto crece.

El equipo de aceleradores logró un gran diseño, con cinco dipolos, la emitancia del proyecto es .28; pasamos de 1.7 nanómetros a .28nm. Lograron casi 600% de ganancia en brillantez. Ya que la brillantez es inversamente proporcional a la emisión; si se quiere una brillantez mayor hay que tener una emisión menor. El rediseño del equipo fue total, aun así el anillo de almacenamiento no se incrementó substancialmente pues pasó de 480 a 518 metros. El grupo de aceleradores hizo un trabajo extraordinario, tenían una gran limitante: no podían incrementar el tamaño del edificio más del 10% pues el presupuesto era bajo. El diseño evoluciona constantemente y es un proceso que requiere innovación permanente —señaló Oscar Vigna Silva— como consecuencia, en los casos en los que trabajaban con compañías brasileñas o internacionales tenían que desarrollar en conjunto las nuevas especificaciones técnicas.

Una de las decisiones clave que se tienen que tomar es definir el tipo de y características del sincrotrón que se quiere construir. Tomando una posición conservadora en donde los aspectos tecnológicos son más conocidos u otra donde se eleve al máximo posible el nivel de desafío tecnológico que estamos dispuestos a tomar, con el riesgo mayor que esta posición implicaría.

El número de líneas es otro factor importante, determina el tamaño de la máquina. Sirius está diseñado para alojar 40 líneas de experimentación; esto podría

cambiar mínimamente en caso de que se decidiera tener diseños diferentes y el número de líneas podría variar entre 38 y 43.

El número de líneas es un reflejo del futuro crecimiento de la comunidad de usuarios y de las posibilidades de financiamiento, es un plan a largo plazo. Se planea empezar con 13 líneas de experimentación y el siguiente paso es el diseño de las primeras líneas, esto va a determinar qué técnicas de análisis se pondrán a disposición de los usuarios. Hay técnicas estándares que un gran número de usuarios podrían demandar como la difracción; por otro lado, existe el riesgo de que al sólo escuchar a la comunidad de usuarios actual, haya un detrimento en la implementación de otras técnicas de análisis emergentes que beneficiarían a una gran variedad de disciplinas. Un gran desafío que enfrentan todos los sincrotrones es definir la voz de una comunidad de usuarios que está naciendo como en la paleontología, oceanografía, agricultura; o que todavía no existe.

12.3.2.3 Propiedad intelectual, infraestructura y equipamiento de Sirius

En algunas ocasiones fue necesario solicitar licencias a otros sincrotrones para usar su propiedad intelectual; aunque esto no tuvo costo alguno es un proceso legal que tuvieron que seguir. Fue necesario pedir las licencias para algunas modificaciones, por ejemplo para las que se hicieron en las cámaras de vacío en las que utilizaron tecnología desarrollada por el CERN. Ricardo agregó que en este caso enviaron a 3 personas a CERN porque querían asegurarse que estaban usando esta tecnología de manera correcta. Ricardo D. Rodríguez añadió que este proceso fue sencillo pues tienen una muy buena relación con el CERN. También colaboran estrechamente las comunidades de los sincrotrones de China, Shanghái y Beijing; incluso, el director del Instituto de Shanghái forma parte del comité asesor.

12.3.2.4 Estrategia con proveedores nacionales

La estrategia que siguieron para involucrar a los proveedores nacionales en la construcción del Sirius fue descrita por Roque de la siguiente manera:

- Identificamos a los proveedores nacionales que podrían tener la capacidad de construir alguna parte del equipo necesario.
- Definimos las tareas críticas e identificamos los equipos altamente especializados que no sería posible hacer en Brasil.
- Buscamos a las compañías en Brasil que pudiesen tener la capacidad técnica de construir este equipo y las clasificamos por áreas de especialización.
- Hablamos con estas compañías para invitarlas a participar en el proyecto.
- Hicimos un mapeo de las posibilidades y el grupo escribió un resumen técnico sobre los 20 desafíos más grandes que teníamos que superar.
- Organizamos una mesa de trabajo en donde discutimos estos desafíos con las 50 empresas seleccionadas.

Roque, director del LNLS, explicó que invitaron a las compañías por varios métodos, directamente, a través de anuncios, de alianzas con otras organizaciones gubernamentales que tenían contacto con este tipo de compañías, etc. Fue un proceso que consumió mucho tiempo, las compañías tenían que enviar una carta de intención, en total recibieron 34 cartas. Se apoyaron en FAPESP⁷⁰ y en FINEP⁷¹, ambas organizaciones tienen un acuerdo para apoyar financieramente el desarrollo de industrias. Este financiamiento es a fondo perdido, con base en esto lanzaron un llamado público para propuestas de construcción de equipamiento relacionado al Sirius. Las

⁷⁰ <http://www.fapesp.br/en/>

⁷¹ <http://www.finep.gov.br>

industrias que respondieran a esta invitación, y que resultaran seleccionadas, contarían con el apoyo de los fondos de FAPESP y FINEP por \$14 millones de dólares estadounidenses.

Como el dinero de estos fondos provenía de otras fuentes no afectó el presupuesto del Sirius. Al mismo tiempo, permitió que las empresas que tenían la capacidad de participar en el proyecto minimizaran sus riesgos económicos al participar. Por el otro lado, esto también redujo el costo del Sirius ya que el costo del diseño del equipo no entraría en el precio final. No había obligación de Sirius de comprar la tecnología de estas compañías si evaluaban que el concepto no respondía a sus necesidades técnicas, había un acuerdo entre las partes de que si el concepto diseñado tenía las características técnicas especificadas y si el precio era razonable, entonces comprarían la tecnología de esas empresas nacionales. La definición de “un precio razonable” era determinada por la negociación entre Sirius y FAPESP, contestaban la pregunta: ¿Qué cantidad de dinero extra estaríamos dispuestos a pagar para desarrollar esta tecnología en Brasil en lugar de comprarla más barato, por ejemplo de China? Se analizaba caso por caso, y en caso de llegar a un acuerdo, los fondos adicionales tendrían que provenir de FAPESP o de otra parte del gobierno, no del Sirius.

Este tipo de estrategia no había sido puesta en marcha en Brasil anteriormente y por lo tanto tiene un alto nivel de riesgo. La implementación de la misma le tomó al equipo de Sirius, FAPESP y FINEP más tiempo de lo esperado porque había que analizar con detalles los aspectos legales de este tipo de contratos. Roque enfatizó que esta metodología tenía una connotación de carácter nacional y no tenía nada que ver propiamente con la construcción de un sincrotrón. Señaló que tuvieron que negociar internamente cuánto dinero y hasta cuando estarían dispuestos a esperar para ver si esta

estrategia podría trabajar. Otros sincrotrones en el mundo no tuvieron que instrumentar programas de esta naturaleza.

El director esperaba que este llamado se hiciera a finales de mayo. La complejidad inherente a esta estrategia fue evidente por el retraso que se experimentó en el llamado público, finalmente se publicó y se llevó a cabo en septiembre del 2014⁷²; en ella pedían que las empresas participantes entregaran sus solicitudes para el 7 de noviembre del 2014. La máxima cantidad otorgada por empresa y proyecto sería de \$530,000 dólares estadounidenses. Expresó su desilusión de que no empezaron el trabajo inherente a esta estrategia con mucho más anticipación.

Otra de las dificultades fue que existía el riesgo de que el gobierno pusiera ciertas limitaciones presupuestales o afectara el calendario de actividades de construcción de Sirius, lo anterior con el objetivo de dar más tiempo para que funcionara esta estrategia de proveedores nacionales.

Hubo otros casos en donde el equipo Sirius estableció acuerdos con proveedores siguiendo otras rutas. La construcción de los imanes fue el producto de una alianza entre Sirius y WEG⁷³ una compañía brasileña de componentes para la industria automotriz. Con WEG trabajaron conjuntamente durante el proceso de construcción de los imanes. Esta estrategia de trabajo conjunto facilitó que equipo de Sirius desarrollara la capacidad de resolver inmediatamente cualquier problema en la construcción de los imanes. El diseño de las partes también les permitió ser autosuficientes en dos áreas diferentes: el mantenimiento preventivo y correctivo y para proponer maneras de hacer las cosas más eficientemente.

⁷² <http://lnls.cnpem.br/companies-invited-participate-sirius-project/> y <http://www.fapesp.br/8909>

⁷³ <http://www.weg.net/br/Media-Center/Noticias/Produtos-e-Solucoes/Desafio-Tecnologico>

La naturaleza de cooperación que existe en la comunidad de sincrotrones hace que el conocimiento fluya rápidamente en la red de operadores del sincrotrón. Esta situación hace muy difícil patentar el conocimiento que se genera en el proceso de mejorar el equipo en operación. Esto tiene sus aspectos positivos y negativos, pero sin este espíritu de cooperación no se hubiese avanzado tan rápidamente en el área de la radiación de la luz sincrotrón en todo el mundo.

12.3.2.5 Modelo jurídico

El actual Director del LNLS añadió que la misma forma jurídica de *organización social* que rige al LNLS sería adoptada para el Sirius. Explicó que era imperante tener un sistema de administración que permitiera tomar decisiones rápidamente para negociar con el ministerio, con proveedores de financiamiento, entre otros. Agregó que lo ideal sería trabajar como una compañía privada sin fines de lucro. Como el origen del dinero es público Sirius estaría sujeto a procesos de supervisión y auditoría gubernamental de acuerdo a lo establecido por la ley.

Roque agregó que todavía tenían que desarrollar y afinar los procesos para reclutar y despedir empleados, negociar con empresas especializadas, en contratar expertos internacionales, tramitar los permisos de trabajo para extranjeros (proceso que consume mucho tiempo en Brasil); además es necesario que todos estos procesos sean consistentes con la ley de organización social.

12.3.2.6 Estructura de personal

El LNLS tiene actualmente 230 empleados, entre permanentes y temporales, que trabajan simultáneamente en el proyecto Sirius. Esto incluye algunos especialistas con

posdoctorados realizados en China. El personal permanente no rebasa los 90 empleados. Ricardo Rodríguez coordina los aceleradores; Harry Westfahl coordina las líneas experimentales; Oscar Vigna Silva coordina el edificio, la infraestructura del edificio y las instalaciones; Cleonice Ywamoto la administración. Antonio José Roque da Silva señaló que era crucial que para Sirius tuviesen a un grupo dedicado a la compra de equipo: un gerente de proyectos, un abogado, un contador, etcétera; n grupo muy pequeño.

Para el director del LNLS es sumamente importante tener un gerente de proyecto encargado de monitorear el calendario de actividades, que revise que éstas se estén llevando acabo de acuerdo a lo programado y que el dinero se gasta en lo que se debe de utilizar, pues los investigadores pueden desembolsar el dinero siguiendo otras prioridades. El equipo Sirius tiene una ruta crítica de actividades muy detallada.

Ricardo D. Rodríguez explicó que contrataron a Ingenium,⁷⁴ una compañía internacional con oficinas en Brasil, para que coordinara todas las actividades del proyecto ejecutivo, que hubo otras compañías que querían involucrarse en el proyecto por ejemplo la que coordino el proyecto del ALBA, y aunque ésta compañía compitió por el contrato no tuvo éxito. Ingenium se encargara de la arquitectura, la ingeniería civil, los cálculos, el aire acondicionado, la electricidad, etcétera. Esto ha generado más de 700 planes y prototipos para construir el edificio. En total, el 80% de Sirius será construido en Brasil y el 20% en el extranjero. Entre el equipo más grande adquirido en el extranjero figura el acelerador lineal, el proveedor del LINAC fue el Instituto de

⁷⁴ www.ingenium.net

Física Aplicada de Shanghai⁷⁵, con un costo de \$6 millones de dólares estadounidenses; de acuerdo el coordinador del proyecto técnico de Sirius esto les ahorro mucho tiempo.

12.3.2.7 Determinación del tipo de líneas de experimentación en Sirius

Westfahl argumentó que cuando se tiene una comunidad de usuarios madura es posible identificar las necesidades de las nuevas líneas de experimentación con base en las necesidades de investigación de esa comunidad. No solo eso, en un mundo ideal, la comunidad de usuarios debería de participar activamente en el diseño del propio sincrotrón, no solamente en el de las líneas de experimentación. Las líneas de experimentación pueden cambiar, evolucionar de acuerdo a las necesidades de los usuarios. Indicó que hay usuarios que tienen una idea muy clara de las áreas que quieren investigar en los próximos 20 años.

Pero aún más importante que el tipo de líneas, de acuerdo con el subdirector científico, son los detectores que se usarían en las líneas de experimentación. Explicó que muchas veces la comunidad científica gasta cientos de millones de dólares en construir nuevos sincrotrones y líneas de experimentación sin llegar a aprovechar sus capacidades técnicas. Si gastaran algunos miles de dólares más podrían adquirir detectores que les darían cinco veces mejores resultados. Los detectores son flexibles y los aceleradores una vez que se construyen son muy difíciles de cambiar.

Para Westfahl, el proceso actual de selección y diseños de sincrotrones y líneas de experimentación sigue un proceso “al revés”, comento que en un mundo ideal, una vez que los científicos identifican el fenómeno que quieren estudiar y lo que quieren detectar es cuando se puede construir la línea de experimentación de luz y las

⁷⁵ <http://www.sinap.cas.cn>

características que tiene que tener el acelerador. Lo que pasa en realidad es que los científicos construyen la mejor máquina que se puede con el presupuesto que se tiene. Las líneas de luz para experimentación se diseñan con base en el conocimiento que tiene la gente que está trabajando en esa área en el sincrotrón en cuestión, posteriormente se identifica la ciencia que estos haces de luz pueden realizar y se compran los detectores relevantes. El proceso, en suma, le parece se lleva completamente al revés.

Westfahl es de la opinión de que es importantísimo tener un grupo de personas que desarrollen detectores pues éstos determinarán las cualidades de la información capturada y por ende la calidad del experimento realizado.

En el LNLS tratan de concentrar su atención en las industrias más grandes del país que tienen necesidades tecnológicas como la de petróleo y gas, agricultura, minería, etcétera. Actualmente consideran la posibilidad de involucrar a las industrias críticas en el diseño de líneas de experimentación futuras.

Planean empezar a operar Sirius con cinco líneas de experimentación. En cada una de ellas harán experimentos mejores que los que se conducen actualmente, pero serán de la misma naturaleza. Esto, planean, ayudará en la transición para que los usuarios tomen más confianza en líneas de experimentación que ya conocen con anterioridad. Sólo van a destinar una línea de experimentación para proyectos más sofisticados y diferentes a los que se están llevando a cabo en el LNLS. Van a hacer lo posible para mantener en operación el LNLS por un periodo de dos años y empezar Sirius con cinco o seis líneas de experimentación.

La determinación de las líneas de experimentación es un problema complejo porque la ciencia que se quiere desarrollar está hecha pensando en los problemas de hoy

o de ayer y no en los de un futuro cercano. Esto tiene que ser definido en una estrategia de desarrollo nacional con un alcance de veinte años.

El ex director del LNL expresó que considera importante separar en las líneas de experimentación el equipo óptico y la estación experimental con sus respectivos detectores y sensores específicos. En algunas disciplinas hay investigadores que son expertos en ciertas técnicas de análisis. Por ejemplo, el sincrotrón europeo ESRF tiene líderes en el área de paleontología, como Paul Tafforeau, que han desarrollado sus propias técnicas de análisis. Los investigadores en esta área que quieran tener resultados de alta calidad tienen que capacitarse en esta técnica con expertos mundiales. Estos expertos están creando nuevos paradigmas en el área de investigación y diseño.

12.3.2.7 Transición LNLS–Sirius

El subdirector científico del LNLS comentó que en la medida en que abran las líneas de experimentación en Sirius, se cerraran sus equivalentes en LNLS. Esta estrategia permitirá que los usuarios tengan una transición gradual entre los dos sincrotrones. El mayor costo de implementar esta estrategia de funcionamiento de operación simultánea sería el gasto en electricidad. Añadió que no sería muy realista el pensar que podrían abrir las líneas en Sirius para que desde el primer día pudiesen proveer servicios a sus 1,400 usuarios anuales.

12.3.2.8 Usuarios

El LNLS tuvo el reto de incrementar el número y tipo de usuarios, en un principio tenían solamente diez y la mayoría eran físicos. Actualmente la situación es radicalmente diferente, hay más de 3,000 usuarios en Brasil y el 15% proceden del extranjero (la mayoría de Argentina). Cuando el comité científico aprueba un proyecto, en los casos necesarios, se pagan los viáticos y pasajes de dos investigadores,

independientemente del país del que procedan; los investigadores argentinos han sido grandes beneficiarios de esta ayuda financiera. La estrategia que usaron en el LNLS para atraer usuarios será la misma que usaran en el Sirius. Entre las que destacan:

- La organización mesas de trabajo.
- Reuniones de usuarios una vez al año).
- Cursos de capacitación para el uso de técnicas sincrotrón.
- El impulso y el apoyo a investigadores con más experiencia para que impartan cursos de estas técnicas de análisis en sus propias instituciones académicas y de investigación. Los cursos se imparten “en casa” (en las localidades de Brasil que lo demanden)” o en otras regiones del país.

El director del LNLS señaló que en conversaciones con el director del sincrotrón chino habían identificado tres grupos mayores de usuarios:

- El primero, formado por físicos que conocen las técnicas sincrotrón perfectamente y que quieren llevar a cabo experimentos muy sofisticados (superconductividad, magnetismo, etcétera). Por lo que es importante tener algunas líneas de experimentación que cubran la demanda anual de estos investigadores. Este grupo no requiere de mucho apoyo e interactúan con el mismo nivel de conocimiento con los técnicos del sincrotrón en cuestión.
- El segundo grupo está formado por gente de ciertos sectores estratégicos como agricultura, petróleo y gas. Este grupo no conoce a detalle los beneficios del sincrotrón y sin apoyo de técnicos especializados probablemente nunca utilizarían el sincrotrón. No tienen idea de cómo planear el experimento, que tipo de análisis y técnicas pueden utilizar, etc. Por ejemplo, si se quieren identificar las variedades de arroz más nutricionales. Estos científicos tienen una

buena idea del problema y del resultado que esperan, pero no de cómo obtenerlo usando un sincrotrón. Estos investigadores requieren de mucho más apoyo técnico.

- El tercer grupo está formado por investigadores de la industria. En estos casos las empresas pagan por los servicios de apoyo. Este pago les permite circunnavegar el proceso de selección de proyectos que tienen acceso al tiempo sincrotrón. Estas solicitudes son evaluadas por un comité de revisión.

Los investigadores de la industria pagan el tiempo sincrotrón porque, contrariamente al grupo uno y dos, estos no tienen que publicar sus resultados. El tercer grupo también presenta otros desafíos. Usualmente la responsabilidad del sincrotrón se limita a conducir el experimento, recabar la información y los datos pertinentes y entregarlas al usuario industrial para su posterior análisis. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los usuarios industriales no saben cómo analizar los datos generados. Esto implica el proporcionar apoyo adicional para analizar los datos y proporcionar una respuesta a la pregunta científica del usuario. Westfahl argumentó que si se quiere tener un instrumento que realmente le sirva a la industria tiene que considerarse alguna forma de apoyo para el análisis en el esquema de prestación de servicios del sincrotrón. Hay varias maneras para hacer esto, el subdirector científico describió algunas opciones para ello:

- Se puede crear un grupo interno de apoyo en donde se establezca una alianza de largo plazo con la industria, deben clarificarse los temas relacionados a la propiedad intelectual de los resultados.
- Proporcionar servicios internamente de análisis de resultados, en el caso de los usuarios industriales que sólo quieren obtener una respuesta concreta es diferente y no están interesados en alianzas de largo plazo; por ejemplo, la

compañía de cosméticos L'Oreal puede estar interesada en desarrollar un nuevo champú y quieren saber cómo este producto es absorbido por el cabello.

- Permitir que compañías consultoras que conocen cómo opera el sincrotrón proporcionen servicios de análisis de resultados a los usuarios. Este tipo de empresas serían el vínculo entre el sincrotrón y la industria. En Francia hay una compañía llamada Noviton que hace este tipo de trabajo. Este tipo de estrategia sería positiva para el sincrotrón y para la compañía en cuestión. El consultor interno o externo tendría que organizar mesas de trabajo para atraer usuarios.
- Involucrar a la comunidad universitaria que tiene conocimientos sobre la materia para que lleven a cabo esta consultoría de análisis de resultados. El sincrotrón podría contratar al consultor universitario por proyecto específico.

Explicó que están analizando todas estas posibilidades, que hay usuarios dentro de los investigadores de organizaciones públicas que también enfrentan el problema del análisis de los resultados, pero este grupo no está en posibilidad de pagar por el servicio de consultoría. El perfil de estos usuarios es que son estudiantes jóvenes que están al principio de su carrera académica en la universidad. Señaló que aunque hay usuarios con más experiencia éstos no representan la mayoría de sus demandantes de servicios. Para muchos jóvenes investigadores el sincrotrón es el único instrumento que les permite llevar a cabo investigaciones de punta, pues no necesitan dinero para realizar experimentos en este aparato.

Generalmente los nuevos usuarios se enteran del sincrotrón a través de otros usuarios, efecto bola de nieve. Otro aspecto importante es la gran representatividad de mujeres entre los usuarios del sincrotrón pues alcanza casi el 50%.

Otra actividad que se realiza con los usuarios es que estos llenan una forma para proporcionar retroalimentación al equipo del sincrotrón. Esta información se usa internamente para mejorar los servicios, pero no forma parte del contrato de servicios con el gobierno.

12.3.2.9 Vínculos con la academia

En Brasil no hay ninguna conexión directa con universidades para proponer, por ejemplo, la inclusión de materias en cursos universitarios relacionados al sincrotrón que permitan una ampliación de la base de usuarios, en particular en áreas medulares para el país: agricultura y energía. Algunas técnicas del sincrotrón son muy versátiles y pueden ser usadas en todas las áreas de investigación.

12.3.2.10 Desafíos

El director del LNLS, Antonio José Roque da Silva, explicó que el miedo más grande que tiene en relación al proyecto Sirius es que, a diferencia del LNLS que fue una gran empresa científica y una maravilla ingenieril, ahora están prometiendo que construirán una máquina con tecnologías de punta. La responsabilidad es muy grande y esperan que funcione de acuerdo a lo planeado. Entregar lo que prometieron.

Añadió que el desafío en Brasil es mantener a la gente motivada en todos los niveles de gobierno para que continúe la asignación de recursos. Ricardo Rodríguez, coordinador del proyecto técnico de Sirius, coincidió plenamente con este punto y agregó que le prometieron a la comunidad que le van a entregar un sincrotrón con ciertas características para 2017, pero esto depende del capital disponible. En estos momentos este es el problema más grande que enfrentan, el poder garantizar el flujo de efectivo es su miedo más grande. Esto merma la motivación del personal nacional, del personal del extranjero, de los proveedores, de todo mundo.

En Brasil, la revisión externa de científicos juega un papel fundamental en este proceso presupuestal. Una opinión favorable del comité científico internacional valida el progreso del proyecto y esto es un requisito para que se liberen los recursos a Sirius.

12.3.4 Lecciones aprendidas

Entre las lecciones aprendidas en el LNLS y el Sirius se encuentran las siguientes.

Desarrollar sistemas para el reclutamiento y manejo de personal altamente calificado. Para el subdirector científico, la administración de personal adecuado es uno de los desafíos más grandes en el proyecto Sirius. Es muy difícil encontrar a la persona idónea para trabajar en un Sincrotrón. Es un perfil ecléctico que combina una mente científica, una visión ingenieril y un deseo de ensamblaje propio de un técnico. Necesitan un perfil muy cercano a los científicos que trabajan para las universidades pero no el mismo. Típicamente la persona que buscan tiene que ser joven y ambiciosa y necesita tener una fuerte conexión con instrumentos básicos y sofisticados y con la ciencia que se usa. Esta combinación de conocimientos y habilidades es muy difícil de encontrar en una persona. El éxito del experimento depende de todos estos factores:

- Identificar el fenómeno científico a estudiar.
- Definir buenas preguntas científicas.
- Definir los métodos y técnicas de captura de información.
- Identificar los instrumentos y detectores a utilizar.
- Tener la capacidad de interpretar los resultados de manera precisa.

Estos pasos son en realidad partes de un proceso segmentado que es llevado a cabo por una variedad de personas. Esta división de las tareas afecta la calidad de resultados de los experimentos. Todos estos elementos tienen que estar balanceados

porque muchas veces los investigadores se dejan llevar por el tipo de instrumentos que están usando, en lugar de guiarse por la ciencia que se requiere con relación al producto deseado. Tienen que tener la mentalidad y la curiosidad para abrir e inspeccionar un instrumento o un detector si es necesario. La falta de una máquina que no tiene tecnología de punta no es un problema para que se produzca una buena ciencia. Pero si la ciencia no es sólida, no se obtendrán buenos resultados aunque se tenga la última tecnología. Westfahl enfatizó que hay que preparar e invertir en buenos científicos, si realmente se quiere aprovechar esta tecnología, capacitarlos en el extranjero y que adquieran experiencia en otros sincrotrones.

12.3.5 Principales logros del Sincrotrón LNLS en al área de Ciencia y Tecnología en Brasil

El sincrotrón ha sido uno de los factores que ha impulsado a la Universidad de Campiñas (UNICAMP) a subir rápidamente en el escalafón de las mejores instituciones educativas y de investigación del mundo. Aunque la UNICAMP hospeda en su zona universitaria el sincrotrón y otros centros de investigación de excelencia, no hay participación directa de este centro de estudios superiores en la dirección ejecutiva del sincrotrón.

El *Times Higher Education 2013-2014 World University Rankings* calificó a la UNICAMP como la segunda mejor universidad de Brasil y de todo Latinoamérica. El suplemento también identificó a la UNICAMP entre las mejores 50 universidades jóvenes en el mundo. Se estima que el sincrotrón no solo ha generado experimentos de primer nivel que se han publicado en las revistas científicas de primer línea en el

mundo, sino también ha sido un catalizador para que Brasil expanda su presupuesto nacional en Ciencia y Tecnología. Se considera que los éxitos científicos y tecnológicos alcanzados por el sincrotrón y de los otros centros asociados en su entorno han formado parte crítica de la bola de nieve que ha hecho que aumente sustancialmente el presupuesto de Brasil.

12.3.6 Recomendaciones

En esta sección incluimos una serie de recomendaciones específicas hechas por los ejecutivos del LNLS en relación al proyecto del sincrotrón mexicano:

- *Estrategia en donde se incluya a varias Secretarías de Estado en el proyecto.* El ex director del LNLS sugirió que un proyecto como el del sincrotrón en México debería involucrar al Ministerio de Ciencia o Tecnología (o su equivalente) y también al de Educación, para incluir programas académicos y becas relevantes al proyecto. También sería deseable que participaran otras secretarías como la de energía o la de salud, cuyos investigadores se verían directamente beneficiados por este aparato. Si se logra crear una estrategia que conecte varias secretarías se incrementaría la probabilidad de atraer recursos financieros de varias fuentes. Esto requeriría la voluntad presidencial para hacerlo realidad, los beneficios serían muy extensos. Esto fue evidenciado cuando Estados Unidos aprobó el programa nacional de nanotecnología, que era un programa vinculado directamente con el presidente Clinton y tenía metas muy concretas. Cada secretaría podría participar indicando la manera en cómo podrían contribuir a alcanzar las metas establecidas (capacitar a la industria, a los estudiantes a los académicos, etc.)

- *Participación de los ejecutivos del sincrotrón en tareas de difusión.* Cylon da Silva agregó que es importante que el coordinador del sincrotrón o el director científico participen activamente en el circuito de pláticas para difundir las capacidades investigativas del sincrotrón, y para ello procuren usar, en la medida de lo posible, un lenguaje no científico. El área de comunicación juega un papel vital en esta tarea.
- *Considerar la compra de la tecnología para los componentes más complejos en el extranjero.* El director del LNLS sugirió que en el caso de México era probable que se necesitara comprar esta tecnología en su totalidad, porque de lo contrario se requerirían de muchos años para desarrollar la capacidad técnica para construir estos aparatos en el país.
- *Formación del personal científico y técnico en el extranjero para desarrollar una capacidad de mantenimiento interna.* El coordinador del grupo de infraestructura de proyectos especiales propuso que si México decidiera no desarrollar su propia tecnología, necesitaría capacitar ingenieros y técnicos en las áreas relevantes para proporcionar este tipo de mantenimiento correctivo y preventivo internamente. Estas personas tendrían que ser capacitadas en el extranjero y para ello se requiere infraestructura, este aspecto es sumamente importante —dijo—. El modelo del ALBA se acercaría más al modelo que México podría seleccionar. Indicó que nuestro país no necesita recorrer el mismo camino que Brasil. Esto no implica que no haya algún área específica en que México esté interesado en desarrollar tecnología propia e invierta en este campo, por ejemplo en sistemas de control. Este es un tema que tienen que explorarse con detalle.

- *Compromiso total del equipo del sincrotrón.* Cylon da Silva explicó que este tipo de proyectos necesita que los responsables acepten un gran compromiso, tengan persistencia, metas claras y sean flexibles para responder a las condiciones cambiantes y aprovechar las oportunidades que se presentan en el mundo político.
- *Minimizar la intervención de las universidades en el consejo directivo de un sincrotrón.* El ex director del LNLS manifestó que es muy difícil para un profesor que tiene su laboratorio y en donde él o ella son los amos del mundo, el entender el concepto de un laboratorio que es manejado profesionalmente para servir los intereses de una multitud de usuarios. La decisión sobre si un proyecto tiene acceso al sincrotrón debe de ser tomada por un panel de científicos externo. El director del laboratorio no se puede oponer a esta decisión. En un laboratorio de universidad típico, si el profesor que lo maneja no simpatiza con el investigador o con el proyecto, el proyecto seguramente no será aprobado.

12.3.7 Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FDOA)

Este análisis se produjo a partir de las experiencias recabadas entre el equipo del LNLS y del Sirius:

Fortalezas (F)	Debilidades (D)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Liderazgo científico y técnico 2. Apoyo político a nivel ministerial y en el congreso. 3. Modelo jurídico específico: organizaciones sociales. 4. Evidencia de capacidad científica y tecnológica de primer mundo (LNLS y Sirius). 5. Impulso a la Industria local vía: <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de tecnología interna. • Construcción de instalaciones locales. • Compra de equipo en el país 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de un presupuesto aprobado por el congreso que cubra la totalidad del proyecto (LNLS y Sirius). 2. Falta de capacidad científica y técnica para construir un sincrotrón (orígenes del LNLS). 3. Falta de planeación para asegurar el suministro de electricidad de calidad a precios razonables. 4. Presión política para adquirir equipo de proveedores nacionales emanados de la estrategia

<p>(LNLS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para llevar a cabo mantenimiento correctivo y preventivo (LNLS) <ol style="list-style-type: none"> 6. Estrategia nacional para el desarrollo de proveedores nacionales. 7. Capacidad científica y técnica para construir un sincrotrón (LNLS). 8. Desarrollo de tecnologías de punta para la construcción de líneas experimentales competitivas (Sirius). 9. Desarrollo de tecnologías innovadoras de construcción (Sirius). 10. Extensa comunidad de usuarios (LNLS). 11. Fuerte demanda de servicios del sincrotrón (sobredemanda) 	<p>nacional (Sirius).</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Comunidad de usuarios con un perfil de sincrotrones de segunda generación (física, química) en el LNLS. 6. Falta de estrategia para transferir el conocimiento acumulado en el LNLS a la industria. 7. Falta de líneas de experimentación competitivas (LNLS). 8. Falta de una mayor participación de la industria.
<p>Oportunidades (O)</p>	<p>Amenazas (A)</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Líneas experimentales más competitivas a nivel internacional (Sirius), lo que equivale a mayor calidad de la investigación realizada. 2. Expansión de la comunidad de usuarios atrayendo perfiles científicos de áreas estratégicas para Brasil (agricultura y petróleo). 3. Consultoría para la construcción de otros sincrotrones. 4. Consultoría para el diseño experimental y el análisis de resultados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inestabilidad económica en el país (LNLS y Sirius) 2. Riesgos en la disponibilidad de capital 3. Sistema burocrático para adquirir equipo en el extranjero. 4. Sistema burocrático para contratar personal extranjero. 5. Transición de operaciones del LNLS al Sirius

Cuadro 32 Análisis FDOA de los sincrotrones LNLS y Sirius

12.3.8 Conclusiones

La experiencia de éxito brasileña es evidencia de que un proyecto tan sofisticado como el sincrotrón, pese a todos los obstáculos enfrentados, puede convertirse en una realidad. El ejemplo de Brasil, demostró que el LNLS en lugar de absorber todos los fondos disponibles de ciencia y tecnología en el país, fue un catalizador para que el presupuesto

se incrementara en todas las áreas de la ciencia. También demostró que la comunidad científica internacional de aceleradores es una hermandad que apoya incondicionalmente a otras comunidades. Con la construcción del LNLS, Brasil le demostró al mundo que está a la altura de las mejores potencias tecnológicas del mundo y que con la construcción del Sirius estará, inclusive, por arriba de algunas de ellas.

12.4 Sincrotrón SESAME

El análisis del SESAME se basó en la información proporcionada por dos ejecutivos de este sincrotrón durante las entrevistas realizadas en Amman, Jordania, del 8 al 10 de mayo del 2014. Les agradecemos el valioso tiempo que nos otorgaron a las siguientes personas:

- Dr. Yasser Khalil, Director Administrativo
- Dr. Giorgio Paolucci, Director Científico

Aunque en el momento de la entrevista el Dr. Paolucci ya había sido nombrado director científico del SESAME, él todavía estaba trabajando para el sincrotrón italiano Elektra; lo cual abrió la posibilidad, en algunos casos, de comparar la experiencia de Elektra⁷⁶ con el SESAME.

12.4.1 Cronología

1988-95	Abdus Salam, Sergio Fubini y otros impulsaron el proyecto SESAME
1995	Reunión de MESC ⁷⁷ en noviembre de 1995 en Dahab (Egipto) en donde Venice Gouda, Ministro de Educación Terciaria en Egipto y Eliezer Rabinovici (MESC y la Universidad Hebrea en Jerusalén) apoyaron las acciones encaminadas a impulsar la cooperación Árabe –Israelí.

⁷⁶ <http://www.elettra.trieste.it>

⁷⁷ The committee for Middle Eastern Scientific Collaboration

1997	Siguiendo una sugerencia de Gus Voss (DESY) y Herman Winick (SLAC), Sergio Fubini (CERN y la Universidad de Turín y Herwig Schopper (director general del CERN de 1981–1987) persuadieron al Gobierno de Alemania de donar los componentes principales del sincrotrón en Berlín para que sean usados para el SESAME. Alemania aceptó la proposición y donó el anillo de almacenamiento con una potencia de 0.8 GeV para que sea re-onstruido y modernizado para el proyecto SESAME
1999	Se establece el Consejo interno de administración bajo los auspicios de UNESCO
2002	Se decide construir un anillo 2.5 GeV usando el amplificador de BESSY 1. Esto lo convertiría en un instrumento competitivo de tercera generación.
2002	1ra Reunión de Usuarios del SESAME 19-28 octubre de 2002 en Amman, Jordania.
2003	Se inicia la construcción del edificio en Allan, Jordania, a 30 km de Amman.
2004	El 15 de abril del 2004, la UNESCO recibió la aceptación de 6 países del medio oriente para participar en el proyecto.
2008	Se termina la construcción del edificio.
2014	El 3 de septiembre del 2014 entra en operación el amplificador (booster).
2015	Se planea que los primeros experimentos tengan lugar finales del 2015 con 4 líneas experimentales, si el financiamiento se recibe de acuerdo a lo programado.

Cuadro 23 Cronología del sincrotrón SESAME

12.4.2 Breve historia

El proyecto SESAME fue concebido originalmente en la década de los años ochenta, fue impulsado por científicos de gran renombre en el medio oriente, como el Premio Nobel Pakistání, Abdus Salam. El proyecto también contaba con el apoyo del CERN (Organización Europea para la Investigación) y el MESC (Cooperación Científica en el Medio Oriente), esta última encabezada por Sergio Fubini. La UNESCO ha apoyado este proyecto decididamente, como parte de su filosofía de “Ciencia para la Paz”. SESAME nace bajo los auspicios de la UNESCO en 1999, en el 2003 se inicia su construcción.

El proyecto tiene dos objetivos, uno público de carácter científico: el impulsar la ciencia y la tecnología en el medio oriente. Otro político, que se maneja de una manera

más discreta: el incrementar la cooperación entre los países de la región que han estado divididos políticamente por milenios.

En SESAME participan científicos de Bahrein, Chipre, Israel, Egipto, Autoridad Palestina, Turquía e Irán. Tiene en su consejo consultivo como países observadores a Francia, Alemania, Grecia, Italia, Japón, Kuwait, Suecia, Inglaterra y Rusia.

El SESAME es, sin duda, el proyecto de cooperación científica más ambicioso en la historia del mundo moderno. No sólo por su carácter técnico sino por su alta complejidad política. El mantener un consejo directivo que funcione adecuadamente, al mismo tiempo que los países miembros de este consejo están, en el mejor de los casos, en conflicto político y en el peor de los casos, en conflicto armado, es sencillamente algo que religiosamente podríamos considerar como un milagro. El consejo está formado por países que han sido enemigos históricos como Israel, Irán y La Autoridad Palestina por un lado, y por otros enemigos históricos como Chipre y Turquía.

El proyecto ha tenido un apoyo incondicional del rey jordano Abdullah II y de más de 10 países y organizaciones internacionales, entre ellos la Comunidad Europea, Estados Unidos y Rusia. Entre las organizaciones están la UNESCO, CERN, ICTP, etc. El costo total del proyecto es de \$110 millones de dólares estadounidenses, incluyendo los costos relacionados al edificio pagado por el gobierno jordano.



Imágen XXV Salón principal de las instalaciones del SESAME

El Dr. Khalil y el Dr. Paolucci indicaron que tanto el sincrotrón Elektra como del SESAME fueron aprobados como megaproyectos con base en los argumentos científicos que se presentaron pero no hubo, como tal, argumentos financieros o un plan de negocios.

El Dr. Paolucci señaló que la idea de construir el Elektra surgió de una recomendación de la Fundación Europea de la Ciencia en los años setenta, en donde se indicaba que la ciencia en Europa necesitaba un instrumento de estas dimensiones para llevar a cabo trabajos de altas y bajas energías. La decisión fue tomada por Europa, Italia era uno de los candidatos para alojar el sincrotrón y Trieste era solo uno de los posibles lugares en donde se podría construir. Alemania y Francia querían construir una máquina de alta energía la cual, a final de cuentas, fue construida en Grenoble, Francia (ESRF). Italia contribuyó con el 15% y puso como condición el poder construir un sincrotrón de baja energía en Italia. Como tal, Elektra fue el resultado de una combinación de razones científicas y políticas.

El Dr. Khalil comentó que los miembros del SESAME tuvieron que contribuir financieramente para su construcción y su posterior operación de acuerdo a una fórmula determinada, los países con mayor capacidad económica tienden a contribuir con más fondos al proyecto. Hay un registro sobre la cantidad de dinero que cada país contribuye anualmente, si un país quiere retirarse del proyecto tiene que avisar al consejo con un año de anticipación; pero si se retiran pierden todo lo que hayan invertido. El gasto de capital funciona de la misma manera. Adicionalmente a estos fondos cuentan con la ayuda económica de Europa, la comunidad europea ha contribuido como 5 millones de euros y muchas partes del equipo han sido donados. Estiman que necesitan \$35 millones de dólares para terminar el proyecto (mayo del 2014). Una vez terminado calculan que necesitaran entre cinco y ocho millones de dólares al año para poder operar las 4 líneas

de experimentación 24 horas al día, 7 días a la semana. Su presupuesto anual dependerá en gran medida del precio de la electricidad, porque este concepto consumirá el 50% de todo el presupuesto de operación.

Para finales del 2015, esperan tener una planilla de personal con 77 trabajadores para mantener el sincrotrón y operar 4 líneas de experimentación.

El Dr. Paolucci recordó que el Elektra tuvo que superar el escepticismo de la comunidad científica en Europa y dentro de Italia. Cuando Elektra empezó muy poca gente pensó que funcionaría. Cada vez que había un pequeño problema alguien de la comunidad saltaba y comentaba: “¿Ya ven? ¡Esto no va a funcionar!

12.4.2.3 Selección de la ubicación del sincrotrón

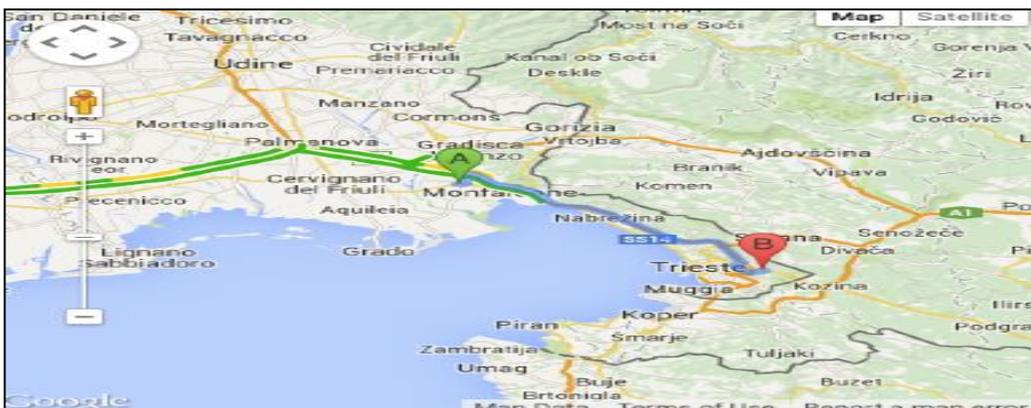
En la tercera reunión del consejo interino del SESAME (1999) se escogió a Jordania entre 18 candidatos como el país que hospedaría el sincrotrón del medio oriente. El Dr. Khalil señaló que el SESAME está ubicado en un terreno donado por el gobierno jordano, ésta era una de las condiciones del proyecto: ubicarlo al lado de una universidad o de un centro de investigación. Es una ubicación muy pintoresca al lado de algunas colinas, a 23 kilómetros al noroeste de la capital Amman. Las características geológicas del suelo no jugaron ningún papel en esta decisión.

En el caso de Elektra la decisión estuvo entre ubicar el sincrotrón en Roma o Trieste; al final se tomó una decisión que fue puramente política, se decidió ubicarlo en Trieste porque en aquel entonces (1985) Europa todavía estaba dividida en los dos bloques, Este y Oeste, y Trieste estaba localizado muy cerca de Yugoslavia, la idea era que Elektra funcionara como un puente entre el Oeste y el Este de Europa.

Una vez que se tomó la decisión de construirlo en Trieste, la ubicación física del sincrotrón fue decidida con base en estudios geológicos. Trieste está localizado en un altiplano que está a 300 metros sobre el nivel del mar, formado por un suelo rocoso y muchas cuevas. Este tipo de terreno ayuda a aminorar el impacto generado por cualquier temblor; de hecho por eso nunca han experimentado ningún temblor, inclusive cuando ha habido temblores en la región. Sí hay movimientos en el haz de luz, pero sin consecuencia alguna. Elektra está localizado a 46 kilómetros de distancia del aeropuerto de Trieste y empezó a operar en 1995.



Imágen XXVI Ubicación geográfica del SESAME



Imágen XXVII Ubicación geográfica de Elektra

12.4.2.5 Oposición de la población local

El director administrativo, el Dr. Khalil, comentó que algunas personas se opusieron al proyecto porque pensaron que la radiación del sincrotrón les daría cáncer; incluso,

todavía, algunos líderes locales no se refieren al sincrotrón como “acelerador” sino como “acelerador nuclear” dando con ello la impresión de que los riesgos de su operación son similares al de una planta nuclear. Hubo muchas reuniones con la gente local, invitaron a ciertos líderes locales a Europa para que vieran que el sincrotrón era una instalación segura y que no dañaría la salud de la gente que vive en sus alrededores. Recuerda que hubo grandes fallas en la comunicación, hace tres años (2011) empezaron un programa de comunicación con la comunidad local pues ésta quería sentirse segura y recibir beneficios económicos directos, entre ellos, empleo para sus hijos. Para ello se contrató a por lo menos seis personas del pueblo más cercano, estos representaban el 15% de los 44 trabajadores que había en el SESAME. No era posible contratar a más gente porque la mayoría eran agricultores sin habilidades técnicas. En la medida de lo posible, durante la construcción del edificio, también contrataron servicios de la gente local: electricistas, plomeros, técnicos en aire acondicionado, etcétera. Seguieron la siguiente estrategia con la comunidad:

- Hacerlos sentir que el SESAME era una instalación científica segura.
- Darles beneficios económicos a través de oportunidades de empleo.
- Integrarse a la comunidad. Por ejemplo si hay una fiesta para personas con discapacidades, los trabajadores de SESAME tratan de tener una participación activa; asisten a funerales, bodas y nacimientos. Son actividades que no cuestan mucho pero establecen fuertes relaciones con la población local.

El director científico añadió que este es un problema común. SOLEIL en Francia experimentó también una fuerte oposición de la población local. Comentó que el Elektra tuvo un problema similar porque empezó dos o tres años después del accidente en la planta nuclear de Chernobyl. Recordó que en una ocasión él estaba comiendo en un restaurante en las cercanías del sincrotrón cuando el dueño del restaurante se le acercó y

le dijo “Mira, no le voy a decir a nadie, pero dime ¿este es aparato realmente peligroso?” a lo que el Dr. Paolucci respondió que él había trabajado en ese tipo de aparatos por muchos años y que no había peligro alguno y añadió “Él no me creyó, por supuesto”.

El Dr. Khalil compartió una anécdota similar cuando una persona de la localidad le preguntó “¿Este es un lugar peligroso, no?” a lo que contestó “¡No! Si yo mismo trabajo ahí” y le contra argumentaron “¡Sí, pero tú recibes un salario!” a lo que el Dr. Khalil concluyó “Como si el salario me fuese a proteger”.

El director administrativo comentó que un aspecto interesante fue que no tuvieron mucha oposición de la comunidad científica, en particular porque en el medio oriente existe una gran demanda por los servicios que podría proporcionar el SESAME (Turquía, Jordania, Irán, Israel, etcétera). Además, este proyecto estuvo respaldado por científicos del primer orden a nivel mundial: CERN, Comunidad Europea entre otros. Hubo algunos científicos que cuestionaron la necesidad del SESAME cuando opinaban que podrían ir a otras instalaciones de este tipo en Europa, pero estos usuarios no tomaban en cuenta que una instalación de este tipo fomentaría el crecimiento de gran base de usuarios especializados en disciplinas diferentes que nunca tendrían acceso a esta instrumento en Europa. Hay también países en el área, como Egipto, que están construyendo centros de investigación en paralelo al SESAME los cuales serán fundamentalmente alimentados por la investigación que se llevara a cabo en SESAME. Hay tres miembros del SESAME que también están considerando construir sus propios Sincrotrones: Turquía, Irán y Pakistán; e incluso en estos casos, ellos podrían usar el SESAME para capacitar a los operadores y los usuarios de sus futuros sincrotrones.

12.4.2.6 Modelo jurídico

La estructura de gobierno del SESAME se rige bajo los “Estatutos del Centro Internacional de la Luz de Sincrotrón para Ciencias Experimentales y Aplicaciones en el Medio Oriente (SESAME)” aprobados el 15 de abril del 2004.⁷⁸

En su artículo tercero los estatutos describen la estructura y responsabilidades del Consejo de administración.

ARTICLE III: The Council

1. The Centre shall be administered by a Council composed of:

- (a) not more than two delegates from each SESAME Member nominated by the Member;
- (b) not more than two delegates from each Observer nominated by the Observer;
- (c) a representative of the Director-General of UNESCO.

Each SESAME Member and the representative of the Director-General of UNESCO shall have one vote. Observers shall have no vote.

Council Members and observers may be accompanied at Council meetings by up to two advisers.

2. The Council shall elect its own President.

3. The Council shall have all the powers required for the running and administration of the Centre. It shall approve the

Centre's programme and budget by a two-thirds majority. It shall examine the annual reports submitted to it by the Director of the Centre, as provided for under Article VI below, and it shall issue him with such directives as it thinks fit. It shall approve the Centre's financial regulations and staff regulations.

4. The Council shall meet in ordinary session at least once a year; it shall meet in extraordinary session if summoned by the President, either on his/her own initiative or on that of the Director-General of UNESCO, or at the request of one third of its Members.

Cuadro 34 Estatutos jurídicos del SESAME

⁷⁸ <http://www.sesame.org.jo/sesame/about-us/governing-document.html>

Estos estatutos fueron aprobados por todos los miembros y son un ejemplo de cómo construir un proceso democrático dentro de una gran instalación científica de grandes magnitudes.

12.4.7 Diseño y construcción

El edificio fue financiado, diseñado y construido por arquitectos e ingenieros jordanos de la Universidad AL Baqa (contigua al SESAME). El equipo contó con un gran apoyo del comité científico internacional de expertos, las mejores mentes científicas en el mundo. Pero el proyecto tenía un gran desafío que enfrentar, sería el producto ecléctico de una serie de donaciones de equipo que en algunos casos ya estaba obsoleto o no era compatible. Además de esto, el equipo técnico internacional quería modernizar el sincrotrón para que respondiera a las necesidades de investigación del siglo XXI.

12.4.8 Equipo

En octubre de 1999 el equipo técnico produjo el *Libro verde* en el que se proponía modernizar el sincrotrón alemán BESSY 1 para que su anillo de almacenamiento original pasara de una circunferencia de 64 metros a una de 100 metros con una potencia de 1 GeV. Fue evidente para los científicos que estas características técnicas no iban a producir un sincrotrón competitivo. El 2 de julio del 2002 se publicó el *Libro blanco* que contenía las especificaciones técnicas para construir un sincrotrón más potente de 2 GeV de potencia, una circunferencia de 124 metros y una emisión de 28nm. Esto representaba una mejoría técnica enorme, pero todavía estaba lejos de ser competitivo. Unos meses más tarde, en mayo del 2003, el equipo científico y técnico propuso otras mejoras técnicas al proyecto, en el *Libro amarillo* proponen construir SESAME con un poder de 2.5 GeV; potencia más consistente con un sincrotrón de tercera generación y mucho más competitivo a nivel científico. Desde el 2003 se han

hecho una serie de mejoras técnicas que han permitido reducir la emitancia a .26nm. El anillo de almacenamiento fue incrementado a una circunferencia de 133.2 metros.

El Sincrotrón tiene la capacidad de albergar 25 líneas de experimentación las cuales tendrán un tamaño que varía de 21 a 36.7 metros de largo. Está programado que inicie con 4 líneas en operación (PX, XRF, IR y PD); estas líneas permitirán realizar investigaciones en biología molecular estructural, arqueología, herencia cultural y aplicaciones médicas entre otras.

12.4.9 Suministro de electricidad

SESAME recibirá la electricidad de la red de distribución local. El problema en el suministro de electricidad experimentado por el LNLS brasileño es potencialmente también una amenaza en el SESAME pues éste tampoco tendrá una subestación eléctrica dedicada al proyecto, y solo tiene cuatro transformadores de voltaje. En el área donde está localizado SESAME solo existe un proveedor de electricidad. El director administrativo comentó que el sincrotrón tendría prioridad para recibir el suministro de electricidad sobre otros usuarios, aunque esto todavía no ha sido puesto a prueba.

Agregó que la mayor amenaza que enfrentan es que no consigan el suministro estable de electricidad a precios razonables.

Por su parte, en el Elektra la electricidad es suministrada por la red normal y tienen varios generadores de diesel para usarlos en caso de emergencia. Tampoco son autosuficientes en electricidad por lo que complementan su demanda con la red de distribución local. Las microinterrupciones pueden tener un gran efecto en el sincrotrón y hay que tener varias fuentes de electricidad para asegurar una continuidad en el suministro.

12.4.10 Patentes

El Dr. Paolucci comentó que en el Elektra piensan que las patentes no son necesariamente una buena manera de proteger la propiedad intelectual ya que muchas compañías solo accedan las patentes para conocer “como producir las cosas”. Las patentes son una manera que usan los competidores para copiar la propiedad intelectual.

En Elektra, el presidente del consejo tuvo una idea innovadora para sacarle provecho a su propiedad intelectual, propuso este proceso:

- Crear una compañía asociada al sincrotrón para vender onduladores (equipo sofisticado usado en los sincrotrones).
- En la primera etapa esta compañía sería semiprivada (sin fines de lucro).
- Identificar socios privados potenciales.
- Hacer una selección de estos socios.
- Mantener la mayoría de las acciones.
- Entrar al mercado para vender onduladores.
- Una vez que llegaran a ser autosuficientes económicamente, cambiar el modelo a una compañía con fines de lucro. Con esta transición tendrían que reducir la mayoría accionaria para ser consistentes con el nuevo modelo de empresa.

El Dr. Paolucci comentó que cuando el CEO preguntó de dónde saldría el dinero para formar esta compañía y atraer inversionistas privados, el presidente le contestó que no había necesidad de poner dinero alguno, que solo pondrían la propiedad intelectual acumulada en diseñar y operar un sincrotrón. Se contrataron los servicios de un evaluador externo de propiedad intelectual, se les pidió que evaluaran lo que valía el conocimiento acumulado que Elektra tenía en este campo. La compañía privada, ante la sorpresa de muchos, puso un gran valor a esta propiedad intelectual. Esto fue suficiente

para que la iniciativa privada invirtiera en esta empresa semi-comercial y empezara a operar el proceso propuesto por el presidente del consejo. Así nació Kyma.⁷⁹ Esta compañía ha tenido un gran éxito y está vendiendo actualmente en Estados Unidos, India y Europa.

12.4.11 Selección de líneas de experimentación

A través de 12 reuniones con la comunidad de usuarios, el equipo de SESAME decidió el tipo de líneas de experimentación, las características propias del sincrotrón a construir. Estas decisiones se basaron también en la capacidad y voluntad de otros sincrotrones para contribuir a su construcción.

El equipo científico de SESAME quiere construir líneas de experimentación que puedan proporcionar servicios a la mayor cantidad de investigadores multidisciplinares en el medio oriente. La primera línea será una de rayos infrarrojos de sincrotrón (EMIRA) que permitirá hacer experimentos de espectroscopía y micro espectroscopía. El Dr. Khalil explicó que SESAME también va a proporcionar servicios a la industria privada. Hay otras tres líneas que fueron construidas y serán donadas por diferentes laboratorios: Absorción de Rayos X/ Fluorescentes, donada por el ESRF; Polvo-Difracción, donada por el SLS; y la más conocida y ampliamente utilizada, la de cristalografía de proteínas por el Daresbury.

En el Elektra construyeron las líneas con base en la demanda de usuarios y de propuestas innovadoras de la comunidad científicas en áreas con gran potencial de expansión. Por ejemplo —comenta el Dr. Paolucci— les tomó algo de tiempo convencer a los biólogos y a los bioquímicos de que el sincrotrón era de gran uso para

⁷⁹ <http://kyma.elettra.eu>

ellos. Pero una vez que los persuadieron y se dieron cuenta que tendrían grandes ventajas, que no tienen en sus propios laboratorios, empezaron a usarlo y esto provocó un incremento rápido de usuarios en las líneas de experimentación correspondientes. Hay que tomar en cuenta que se está hablando de cooperación y colaboración científica entre dos ramas de la ciencia que nunca se habían hablado y tienen lenguajes diferentes. Por ejemplo, entre los médicos y los físicos. Hay ciertos usos que algunos médicos adoptaron rápidamente y otros en donde todavía rechazan la idea de usarlo. Este es el caso de la radiación de sincrotrón para generar mamografías. En un proyecto con el sincrotrón australiano hemos desarrollado la tecnología para que los doctores puedan llegar a un diagnóstico más informado en casos donde el resultado que se había obtenido con otras tecnologías (ultrasonido, resonancia magnética etc.) y no era claro. Con el sincrotrón se pueden detectar detalles con imágenes mucho más nítidas. Y ayudar a decidir a los médicos si la persona tiene células cancerosas o no. Actualmente tienen un protocolo y hemos resuelto más 110 casos complejos de este tipo.

Italia empezó en el 2004 la construcción del nuevo acelerador (un láser de electrones libres-FEL). Este aparato costo menos de \$125 millones de euros. El Dr. Giorgio Paolucci comentó que como el dinero del gobierno era liberado muy lentamente y en la búsqueda de acelerar su construcción, aprovecharon que el Elektra tiene la figura jurídica de una compañía y pidieron dos préstamos al Banco Europeo de Inversión por un total de \$60 millones de euros. Esto permitió terminar Elektra a tiempo sin tener necesidad de esperar por el resto del dinero del gobierno. En este nuevo sincrotrón tienen un sistema dedicado a producir calor, frio y electricidad. De esta manera queman gas metano, lo que tiene una huella de carbón muy mínima. Este sistema todavía no funciona óptimamente porque aún hay un exceso de calor que deberán usar para otros propósitos; este es un desafío que habrán de superar en un futuro no muy lejano.

12.4.12 Usuarios

SESAME ha organizado reuniones anuales de usuarios desde octubre del 2002. La decimosegunda reunión de usuarios tuvo lugar en Amman en noviembre del 2014. La primera llamada para presentar proyectos de investigación cerró el 15 de junio del 2013. En este complejo siguen la práctica de formar un comité internacional colegial que evalúa y selecciona los proyectos de investigación que se realizarán en el sincrotrón.

Por otro lado, en el Elektra están llegando a un punto de saturación de usuarios. En sus inicios el Elektra tenía 4 líneas de experimentación y la demanda 66% mayor a la capacidad de respuesta. Ahora tienen 26 líneas (más el FEL) y la sobredemanda continua siendo de dos a tres mayor. Si sumamos las solicitudes a otros sincrotrones en Europa como el Soleil, el BESSY II, el ESRF, el Diamond, el ALBA, etcétera, es más que evidente que la comunidad de usuarios está creciendo a pasos agigantados.

El Dr. Paolucci indicó que en el Elektra tenían una base de datos con 10,000 usuarios, de los cuales le proporcionan servicios aproximadamente a 1,000 por año. Cobran una tarifa de 300 a 400 euros por hora para usuarios privados. Pero esto puede variar dependiendo del acuerdo con la compañía. Algunas veces la compañía solo quiere el tiempo máquina y ellos hacen el análisis; en otros casos la compañía quiere el análisis completo. Para ilustrar este punto comentó “Tenemos una compañía farmacéutica que es uno de nuestros clientes principales, como parte de su proceso de control de calidad, la compañía busca identificar el grado de pureza de las drogas en su línea de producción, hacemos todo el proceso y el análisis”.

Sin embargo, en otras ocasiones, el Elektra no sabe si puede proporcionarle un servicio de calidad al cliente. El Dr. Paolucci narró el caso: “Teníamos una compañía que fabrica ropa para deporte (nadar o esquiar) que tiene diferentes colores. Los

químicos producían el color deseado en un pedazo de material y después lo reproducían un millón de veces. Y esto tendía a fallar porque a veces no se lograba el mismo color o el color no era estable y habría grandes pérdidas. En este caso colaboramos para resolver este problema conjuntamente”.

Había una línea de experimentación que tenía poca demanda y tuvieron que transformarla para hacerla más atractiva para los investigadores. Son cambios necesarios para adaptarse al contexto en la demanda de servicios sincrotrón.



Imágen XXVIII Comunidad de usuarios del SESAME

12.4.13 Estructura organizacional

El SESAME tiene tres directores: el científico, el técnico y el administrativo. De acuerdo con el Dr. Paolucci, este tipo de estructura trabaja bien en SESAME porque es una organización pequeña, por el contrario el Elektra tiene más de 300 empleados.

El director administrativo del SESAME explicó que en este sincrotrón los salarios son más altos que en otras organizaciones científicas de su tipo en la región; por

lo que creen que podrán reclutar y mantener a trabajadores de buena calidad. Los salarios son comparables a los de Europa.

El Dr. Paolucci dijo que con el tiempo aprendieron sobre la propia organización del Elektra, que cuando el número de gente en una organización rebasa aproximadamente 150 personas, la gente se empieza a dividirse en subgrupos de laboratorios y entonces se genera un desastre. Estos grupos empiezan a pelearse y a competir entre ellos mismos. Narró por ejemplo, que tenían una división general de servicios computacionales, una en la parte técnica y otra en la parte científica. Y estas divisiones no se hablaban entre ellas, y cuando había problemas se echaban la culpa. Esto requirió que reorganizar la estructura. Su posición como director científico desapareció. Ahora tienen una estructura matricial con 13 grupos donde están todas las competencias profesionales juntas, toda la información tecnológica junta, toda la administración junta. Cuando empiezan una actividad escogen a los grupos que van a necesitar. Recordó que en un principio este cambio fue caótico, pero ahora funciona mucho mejor y la gente empezó establecer comunicación entre ellos mismos. El cambio estructural fue necesario, porque si no, la tendencia normal es contratar a más gente para resolver un problema y al final la institución tiene más personal del que realmente necesita. Agregó, por ejemplo, que tenían un técnico por cada haz de luz y esto era demasiado, cuando se opera una línea solo se necesita el 25% de un técnico.

El director administrativo del SESAME indicó que uno de los retos es conseguir que los países miembros se olviden de la política y se concentre en la ciencia. Por ejemplo, cuando la Autoridad de Palestina que se llama Palestina en las Naciones Unidas y UNESCO, hubo algo de tensión porque Israel no quería aceptar que se llamara Palestina en nuestro consejo directivo. Afortunadamente el presidente del consejo pudo

resolver este problema dejando el nombre de Autoridad Palestina como referencia en los documentos oficiales del SESAME.

12.4.14 Presupuesto

Elektra es una compañía cuyos ingresos provienen en su mayoría del gobierno. Las universidades en Italia —comentó el Dr. Paolucci—son muy reticentes a poner dinero en proyectos de cooperación interuniversitaria. Elektra requiere de un presupuesto anual de 27 millones de euros para poder operar.

12.4.15 Evaluación del desempeño

El Elektra mide su desempeño usando indicadores que se utilizan en otros sincrotrones como el número e impacto de publicaciones científicas. El tiempo que mantienen el sincrotrón en operación, etc. También tienen indicadores de impacto socioeconómico en la región. Por ejemplo, cuando construyeron el Elektra había un solo hotel y un solo restaurante en las inmediaciones. Ahora hay varios hoteles y docenas de restaurantes. También miden otros tipos de derrama económica y el impacto en los impuestos pagados a los gobiernos locales. Por ejemplo, la mayoría su presupuesto es para salarios y estos se quedan en la región.

12.4.16 Seguros

El Dr. Yasser Khalil, director administrativo del SESAME, explicó que ellos no tienen seguros contra accidentes o robo, porque muchos sincrotrones no aseguran sus

instalaciones. Sin embargo hay otros, como el Elektra que sí están asegurados. Cuando algún desastre llega a pasar los países miembros se reúnen y tienen que contribuir a las reparaciones. Por ejemplo el 14 de diciembre del 2013 el techo del SESAME se derrumbó debido a la inusitada cantidad de nieve que cayó en la región, fue una nevada sin precedentes. Afortunadamente el equipo no se dañó. El techo del edificio se colapsó en varias partes. En esa ocasión, Jordania puso los recursos para resolver el problema, pagó una tercera parte de las reparaciones y el contratista constructor pago las otras dos terceras partes porque, afortunadamente, el edificio todavía estaba bajo garantía. Si eso hubiese pasado en el 2016 la garantía ya habría expirado y las dificultades muy distintas.

12.4.17 Lecciones aprendidas

- *Mantener un consejo funcional.* Uno de los desafíos futuros es retener a países como Irán, Pakistán y Turquía que podrían salirse de SESAME una vez que construyan sus propios sincrotrones. La otra posibilidad es que Israel decida salirse, lo que convertiría de un día para otro al SESAME en un sincrotrón de países musulmanes. O si se sale la Autoridad Palestina sería obvio que esta oportunidad de cooperación entre Palestina e Israel podría desaparecer. Tienen este tipo de desafíos casi todos los días. La otra posibilidad es que estalle una guerra regional, si esto sucediera el SESAME pasaría a ser historia.
- *Mantener un sincrotrón competitivo.* En la medida en que producen haces de luz más pequeños los desafíos técnicos para mantener el resto del equipo más estable se incrementa exponencialmente.

Actualmente están planeando construir otra máquina que costara entre 120 y 150 millones de euros. Están llegando al punto en que ya no son competitivos y los usuarios empezarán a emigrar a otros sincrotrones. Tienen el único FEL de su

tipo en el mundo, por el momento es una máquina muy complicada de ser operada y su utilización no es óptima.

- *Incluir a la industria.* Es importante incluir a las grandes industrias en el sincrotrón. Soleil recibe la mayor parte de sus ingresos del gobierno y como 1 millón de dólares de ingresos de la industria; y el Elektra como \$800,000. En Elektra tienen un grupo dedicado a venderle productos a la industria. En Italia, después de 25 años de operación han desarrollado fuertes vínculos con el sector industrial. La preocupación principal de la industria en usar un instrumento como el sincrotrón es garantizar el control sobre la propiedad intelectual, tienen miedo de que este conocimiento pudiese ser robado. Explicaron que trabajan con una gran compañía Sudafricana que realiza experimentos en el sincrotrón con sus propios expertos, y durante el período en que están llevando a cabo estos experimentos el personal del Elektra no tienen acceso a las líneas de experimentación.

12.4.18 Recomendaciones

En esta sección incluimos una serie de recomendaciones específicas hechas por los ejecutivos del SESAME/Elektra en relación al proyecto del sincrotrón mexicano:

1. Solicitar la membresía como país observador en el SESAME. Tanto el Dr. Khalil como el Dr. Paolucci propusieron que México considerara integrarse como observador en el consejo consultivo del SESAME. Esto aportaría cuatro ventajas para al proyecto mexicano:
 - Mayor integración con la comunidad internacional que operan sincrotrones.

- Acceso a los programas de capacitación para operadores y usuarios que organiza el SESAME a través de las organizaciones internacionales y países apoyan este proyecto.
 - Acceso a la información científica y técnica utilizada para construir el SESAME.
 - Participación en los contratos de licitación para la construcción de equipo requerido por el SESAME.
2. Contactar al Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICPTP)⁸⁰ para solicitar apoyo técnico y financiero. El Dr. Paolucci sugirió que el equipo científico mexicano contacte a los ejecutivos de este centro, cuyo objetivo es promover la ciencia y tecnología en países en vías de desarrollo.

12.4.19 Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FDOA)

Este análisis se produjo a partir de las experiencias recabadas con el equipo del SESAME/Elektra:

Fortalezas (F)	Debilidades (D)
1. Liderazgo científico y técnico a nivel internacional (SESAME). 2. Apoyo político y científico a nivel internacional (SESAME). 3. Modelo jurídico específico- Estatutos de la UNESCO (SESAME). 4. Apoyo científico y técnico de expertos mundiales en la manera cómo opera un Sincrotrón 5. Impulso a la industria local vía: <ul style="list-style-type: none"> • Derrama económica local y 	1. Dependencia de financiamiento de múltiples fuentes. 2. Modelo ecléctico dependiente del equipo donado. 3. Las características del sincrotrón permiten líneas experimentales que dejarán de ser competitivas en pocos años (SESAME) técnicamente es un sincrotrón de tercera generación con capacidades técnicas bajas. 4. Falta de estrategias para vincularse

⁸⁰ <http://www.ictp.it>

<p>regional.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empleos locales. <ol style="list-style-type: none"> 6. Extensa comunidad de usuarios multi-nacionales y en todas las disciplinas (SESAME y Elektra). 7. Programa de capacitación extenso apoyado por la comunidad de aceleradores (SESAME). 8. Fuerte demanda potencial de servicios (SESAME). 9. Fuerte demanda de servicios (Elektra). 10. Tecnología de punta (Elektra). 11. Comercialización de la tecnología Sincrotrón (Elektra). 	<p>con la industria de medio oriente.</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Falta de más líneas de experimentación competitivas. 6. Falta de una subestación eléctrica. 7. Un solo proveedor de electricidad en la región. 8. Incertidumbre en la estabilidad y el precio del suministro eléctrico. 9. Las instalaciones y el equipo no cuentan con pólizas de seguro contra accidentes y daños naturales.
Oportunidades (O)	Amenazas (A)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Primer sincrotrón de tercera generación en el medio oriente (SESAME). 2. Capacidad para incluir a más países miembros en el proyecto, y obtener más estabilidad económica y fondos para futuras líneas de experimentación (SESAME). 3. Acceso a expertos mundiales en el mundo de los aceleradores (SESAME y Elektra). 4. Acceso a expertos mundiales en el uso de técnicas de experimentación (SESAME y Elektra). 5. Consultoría para el diseño experimental y el análisis de resultados. 6. Posibilidades comerciales para establecer y proveer de equipo científico de punta a todo el mundo (Elektra). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inestabilidad política y económica en el medio oriente. 2. Conflicto armado en la región (posiblemente entre alguno de los miembros del SESAME). 3. Posible retiro de miembros clave por diferentes razones: <ul style="list-style-type: none"> • Están construyendo su propio sincrotrón. • Crear la percepción de que si Israel decide retirarse, el SESAME se convertiría en un Sincrotrón “musulmán” 4. Que los miembros dejen de aportar sus contribuciones económicas. 5. El precio de la electricidad se incrementa substancialmente. 6. El suministro de electricidad no es estable. 7. Cambio climático - Fenómenos naturales. 8. Oposición de la población local al proyecto.

Cuadro 35 Análisis FDOA del SESAME

12.4.20 Conclusiones

La experiencia del SESAME es la única de su tipo en el mundo, su nacimiento está inspirado, tanto en la posibilidad de ofrecer servicios a los científicos y técnicos del medio oriente, como el de ser un instrumento que ayude a la paz en la región. La inestabilidad en la región ocurrida en los últimos tres años ha movido los cimientos del proyecto varias veces. La comunidad científica internacional de aceleradores se ha cubierto de gloria al iniciar y apoyar incondicionalmente este tipo de iniciativa. Los científicos y técnicos de SESAME han empujado las fronteras científicas hasta el límite para ensamblar y modernizar un equipo, que desde todos los puntos de vista, era obsoleto. El SESAME representa algo más que un instrumento para la investigación, es un ejemplo de la capacidad humana de trabajar conjuntamente hasta con aquellas personas con las que saliendo del salón de conferencias se tienen grandes diferencias políticas.

12.5 Sincrotrón Australiano

Además del análisis documental, este estudio de caso se alimentó de las entrevistas realizadas con los directivos y el personal administrativo en las instalaciones del Sincrotrón Australiano. Le agradecemos la generosidad del tiempo que nos otorgaron las siguientes personas:

- John Brumby, Ex Gobernador del Estado de Victoria
- Keith Nugent, ex director del Sincrotrón Australiano
- Andrew Peele, Director del Sincrotrón Australiano
- Telmo Languiller, Presidente del Congreso Estatal de Victoria
- George Borg, Director de Administración (COO)

12.5.1 Cronología

1984	En 1984 se integra de manera informal la primera comunidad de usuarios australianos del sincrotrón.
1987	Stephen Wilkins and Dudley Creagh forman una nueva asociación formal de usuarios, la “Australian Beamline Users Group (ASBUG)”. Creagh fue el primer presidente y Wilkins su secretario.
1989	Reporte <i>Small Country Big Science</i> para el primer ministro, en él se recomienda la compra de una línea de experimentación en el extranjero.
1989	La Academia de Ciencia Australiana propone la construcción de un sincrotrón en Australia.
1993	Empieza a operar la primera línea de experimentación nacional australiana (BL20B) en la Fábrica de Fotones de KEK, Tsukuba Japón.
1992	El Consejo de Ciencia y Tecnología Australiano (ASTEC) recomienda la construcción de un sincrotrón en Australia.
1995	El Programa australiano para la Investigación en Sincrotrones extranjeros (ASRP) recibe financiamiento por \$12.2M en 5 años. El Ministro de Ciencia, Senador Cook aprueba los fondos para un estudio de viabilidad para el establecimiento de un sincrotrón en Australia.
1997	John Boldeman entrega al gobierno federal un informe de la viabilidad técnica del sincrotrón australiano.
1999	John Boldeman, entrega al gobierno federal un segundo informe mucho más detallado de las características técnicas de un primer Sincrotrón Australiano.
2001	El Gobierno de Victoria anuncia su decisión de construir un sincrotrón en los terrenos aldeaños a la Universidad de Monash.
2002	Se integran el Comité Asesor Nacional de Ciencia (NSAC), el Comité Asesor Internacional de Ciencia (ISAC) y el Comité Internacional de Maquinas (IMAC) – para guiar el diseño y desarrollo del primer sincrotrón.
2003	Empieza la construcción del sincrotrón, se planea terminarlo para el año 2008.
2004	El Ministro de Innovación y el gobernador interino, John Brumby, anuncian la inversión de \$20 millones para construir 9 líneas de experimentación.
2005	Se termina de construir el edificio que hospeda al sincrotrón. Primeras pruebas técnicas del LINAC.
2006	Pruebas técnicas del amplificador con potencia de 3 GeV, el anillo de almacenamiento y una línea de experimentación.
2007	El Sincrotrón Australiano empieza a operar en julio del 2007
2007	El 31 de julio el gobernador de Victoria y el Ministro Federal de Educación, Ciencia y Tecnología inauguran oficialmente el sincrotrón. El gobierno de Victoria contribuyo con \$157 millones de los \$221 que costó construirlo.
2009	Se inicia una crisis con el despido del director del sincrotrón, Profesor Robert Lamb.
2010	En noviembre del 2010 se logra el 98% de eficiencia en las líneas de experimentación, se publica el estudio <i>The Science Case for the</i>

	<i>Development of the Australian Synchrotron.</i>
2011	En mayo del 2011 el periódico <i>Sunday The Age</i> reportó que el sincrotrón podría ser cerrado en el 2012 por la falta de un acuerdo entre el gobierno de Victoria y el federal para asegurar su futuro financiamiento de operación y expansión de las líneas de experimentación.
2012	Se asegura el financiamiento del sincrotrón por 4 años, con un paquete presupuestal que asciende a los \$95 millones de dólares. El 10% del personal es despedido. El director del sincrotrón, Keith Nugent renuncia a su cargo, la Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO) toma de control del sincrotrón.
2013	El 25 de febrero se cierra la línea experimental (BL20B) localizada en la Fábrica de Fotones de Japón (KEK) después de 20 años de servicio.

Cuadro 36 Cronología del sincrotrón australiano

12.5.2 Breve historia

12.5.2.1 Génesis del Sincrotrón Australiano

El proceso de decisión para construir un sincrotrón en Australia siguió una ruta evolutiva y técnicamente más definida que el de los otros sincrotrones estudiados. El camino recorrido por los científicos Australianos fue muy diferente a las experiencias del ALBA y del LNLS. Sin embargo, los científicos australianos enfrentaron problemas propios de su estructura de gobierno y filosofía, tan fuertes, que casi ocasionó que cerraran sus puertas en el 2012.

A diferencia de otros sincrotrones, el liderazgo científico paso por varias manos. El primer líder fue Stephen Wilkins, después el bastón pasó, en orden consecutivo, a Dudley Creagh, John Boldeman y Frank Larkins. El Profesor Frank Larkins tenía excelentes relaciones políticas en el estado de Victoria y muy fuertes a nivel federal. El liderazgo político lo asumieron decididamente, a finales de los años noventa, dos gobernadores del estado de Victoria, Steve Bracks y John Brumby, que gobernaron consecutivamente de 1999 al 2010.

De acuerdo con el Profesor Dudley Creagh, uno de los líderes científicos, en 1984 Australia empezó las actividades que veinte años más tarde la llevarían a la construcción de un sincrotrón. En ese año los usuarios australianos del sincrotrón eran ocho investigadores, un grupo muy reducido, pero influyente:

- Chris Howard (ANSTO).
- Frank Larkins (Universidad de Melbourne).
- Peter Colman, Jose Varghese, Mike Lawrence (CSIRO).
- Hans Freeman (Universidad de Sydney).
- Dudley Creagh – HASYLAB.
- Richard Garrett (empezó a trabajar en el Brookhaven National Laboratory in 1984).

Estos investigadores viajaban al extranjero regularmente, sobre todo a Japón y Estados Unidos, para llevar a cabo sus experimentos con luz de sincrotrón. Este grupo de científicos inicialmente se propuso tener una línea de experimentación para el uso de los investigadores nacionales. Como primer paso en 1987 formaron en el grupo australiano de usuarios de haces de luz para la experimentación (ASBUG).

En 1985 se presentó una gran oportunidad, cuando Stephen Wilkins uno de los nuevos miembros de ASBUG, se encontraba en Japón. Wilkins tenía reuniones de trabajo con sus colegas japoneses durante una de sus estancias de investigación. En una de esas reuniones Wilkins recibió una invitación verbal y después por escrito, del Profesor Chikawa para establecer una línea experimental en la fábrica de fotones japonesa (KEK). Esta iniciativa tuvo también el apoyo de otro profesor japonés con gran influencia, Masami Ando, quien jugó un papel importante para que esta iniciativa fructificara.

Los australianos empezaron con el pie derecho, tenían la oferta de la línea pero no el dinero para construirla. A su regreso Wilkins le solicitó apoyo financiero al Departamento de Industria y Comercio Australiano (DITAC) para construir esta línea. Dos años más tarde un reporte para el Primer Ministro de Australia titulado *Small Country Big Science* recomendaba, con la más alta prioridad, aprobar el financiamiento por \$2.7M de dólares para construir la línea de experimentación en Japón. Le tomó a Wilkins otros 3 años de negociaciones para conseguir la aprobación final de estos fondos, lo cual logró en 1992 y la línea empezó a ser construida meses más tarde.

En 1989, un reporte de Academia Australiana de Ciencia (AAS) había propuesto la idea de construir una facilidad científica de Sincrotrón en Australia.

En 1995, se creó el programa australiano para la investigación en sincrotrón (ASRP) el cual recibiría \$12.2 millones en cinco años, con el propósito de facilitar visitas científicas para conducir experimentos en los sincrotrones extranjeros. Esto aceleró la expansión de la base de usuarios australianos de esta tecnología de manera exponencial. En paralelo a la creación del ASRP, el senador Cook, Ministro de Ciencia y Tecnología, aprobó los fondos para llevar a cabo un estudio de viabilidad para el establecimiento de un sincrotrón en Australia el cual fue producido por el que se convertiría en el líder científico del proyecto sincrotrón en Australia, el profesor John Boldeman.

El estudio de viabilidad técnico fue presentado en 1997 y concluyó que la instalación sincrotrón más apropiada debería tener:

- Una energía de 3 GeV.
- Ser competitiva en su desempeño con otros complejos similares de tercera generación que estaban en proceso de construcción.

- Suficientes líneas de experimentación para satisfacer la demandas de investigación del 95% de los 1,200 diferentes usuarios de la comunidad científica en Australia.
- Un desempeño internacional competitivo para todas las necesidades de la industria en Australia.

Era claro para finales de 1995, que los políticos de más alto nivel del país y la comunidad científica australiana estaban unidos detrás de este proyecto. Todas las entidades relacionadas a la ciencia y tecnología del país demandaban la construcción de un sincrotrón en Australia.

En 1999 el Profesor Boldeman le entregó al gobierno federal un documento técnico detallado conocido como “La propuesta Boomerang, parte I-VII” que formó la base técnica para identificar las características del futuro Sincrotrón Australiano.

En el mundo político a nivel estatal, la decisión de construir un Sincrotrón empezó a formar parte de la plataforma política de ciencia e investigación de cada Gobierno. Y en un a decisión que para muchos fue sorprendente, el Gobernador del Estado de Victoria, Steve Bracks, anunció, que como parte de su estrategia de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Estado invertiría \$637.6 millones de dólares para la construcción de varios mega-centros de Investigación. La inversión mas ambiciosa de su tipo, a nivel estatal, en la historia de Australia. En este programa de inversión estaban incluidos los fondos por \$59.2 millones de dólares para iniciar la construcción del primer Sincrotrón, en terrenos localizados en los alrededores de la Universidad de Monash. En esta área ya estaban operando varios centros de alta tecnología y el Sincrotrón se les sumaría para convertir la zona en un gran Parque Tecnológico. John Brumby, el exGobernador del Estado de Victoria y tesorero, a la fecha de que se tomó

esta decisión, nos comentó durante una entrevista⁸¹ que la decisión de construir el Sincrotrón se alineaba totalmente con la agenda de su estado para impulsar las tecnologías de frontera. El consideró que aunque la decisión de construir el Sincrotrón se dió sin el acuerdo tácito de la federación, no había ninguna otra opción en la mesa. Esta decisión se tenía que dar de esta manera, porque nunca estarían dadas las condiciones presupuestales “ideales” para autorizar en su totalidad un proyecto de esta naturaleza. Brumby enfatizó de que si se hubiesen esperado a que la federación asumiera el papel de liderazgo de un proyecto de este tipo, todavía estarían esperando que se construyera. El Ex Gobernador explicó que había un poco de competencia entre los Estados de Queensland, Victoria y Canberra para construir el Sincrotrón en sus respectivas entidades. Brumby dijo que esta competencia fue un catalizador que propició que tomaran una decisión mas rápidamente de lo que hubiese tomado en otro contexto menos competitivo. Pese a todo, el considera que esta decisión fue la correcta y que ésta fue en beneficio de los intereses de largo plazo de Victoria. Brumby añadió que la decisión fue influenciada por el decisivo apoyo a esta iniciativa que recibió de tres científicos renombrados australianos y que su posición de apoyo fue lo que lo persuadió de que el Sincrotrón era una “apuesta segura” los científicos fueron: Barry Jones (ex Ministro Federal de Ciencia y Tecnología) y dos premios Nobel australianos, Peter Doherty y Gustav Nossal.

La decisión del gobierno de Victoria plantó la semilla de la discordia entre los diferentes grupos interesados en controlar el sincrotrón, en particular sobre la incertidumbre sobre quien contribuiría en un futuro para los costos de modernización, operación y construcción de las líneas de experimentación.

⁸¹ Brumby, J. (2015) Entrevista concedida al Dr. Victor Del Rio el 15 de Abril del 2015, en el edificio de la ex-tesorería del Estado de Victoria, Melbourne Australia.

Aunque la decisión de construir un sincrotrón fue recibida con beneplácito por la comunidad científica, en los círculos políticos y administrativos federales la decisión creó una gran tensión, ya que el proyecto del sincrotrón forzaría a los órganos federales a contribuir con esta empresa sin que éstos ejercieran ningún control directo sobre ella.

Los sincrotrones en otras partes del mundo regularmente son catalogados como laboratorios nacionales, que como tal, deberían de servir a la comunidad científica de todos los estados por igual. Otros estados en Australia vieron con suspicacia que el sincrotrón fuese controlado por una de estas entidades políticas.

En el 2002, como primer paso, el equipo científico detrás de esta iniciativa, formó un Comité Científico Asesor (NSAC) integrado por usuarios australianos y neozelandeses con experiencia en sincrotrones. Organizó otros dos comités asesores internacionales: el Comité Internacional Científico (ISAC) y el Comité Asesor Internacional de Maquinas (IMAC), para guiar y apoyar el proceso de diseño y desarrollo del primer sincrotrón australiano.

En el 2003 empezó la construcción del sincrotrón. Se estimó que tomaría cinco años terminar este proyecto (2008); en realidad tomó unos meses menos de lo planeado.

12.5.2.2 Edificio

En el 2005 se terminó la construcción del edificio. En julio del 2007, de acuerdo a lo programado, el gobernador de Victoria, John Brumby (quien era tesorero en la época del Gobernador anterior, Steve Bracks) y el Ministro Federal de Educación, Ciencia y Capacitación inauguran el Sincrotrón Australiano. El gobierno de Victoria invirtió \$157 millones de un total de \$221 millones utilizados.

El sincrotrón empezó a operar sin que su hubieran definido, en el mediano plazo, quién pagaría por la operación anual de esta instalación científica y los gastos de modernización o construcción de líneas experimentales adicionales.

El Sincrotrón Australiano inició sus operaciones con cinco líneas de experimentación, dos con un complemento de usuarios completo y tres para ser usadas por expertos. Otras cuatro líneas estaban siendo construidas y entrarían en operación progresivamente en el 2008. La construcción de un sincrotrón en el plazo y presupuesto establecido fue toda una hazaña científica, técnica y administrativa, aunque la mayoría del equipo fue adquirido en el extranjero.

12.5.2.3 Crisis en el Sincrotrón Australiano

Sin embargo, no fueron los problemas técnicos los que hicieron que el Sincrotrón Australiano enfrentara su primer desafío. Fue un problema de gobernabilidad, seguido por otro político-financiero y por último uno técnico.

La estructura de gobierno del Sincrotrón demostró ser muy complicada y fue totalmente en contra de las recomendaciones de los líderes del ALBA y el LNLS, que habían sugerido no permitir que las universidades o el gobierno federal y estatal estuviesen representados directamente como entidades en la administración del sincrotrón.

La estructura corporativa estaba formada por dos compañías establecidas en julio del 2007, que incluían representantes de los grupos inversionistas en el sincrotrón. La primera que tenía la custodia de los bienes de capital denominada ASHCo; y la segunda, encargada de la operación del sincrotrón denominada ASCo. El 1° de noviembre del 2007 el gobierno de Victoria le dio el control a estas dos entidades de gobierno. En total había 17 entidades públicas entre universidades, centros de

investigación, la Agencia Nuclear Australiana (ANSTO), etc. Pero curiosamente nadie representaba directamente al gobierno federal (lo cual el ALBA y LNLS lo hubiesen visto como positivo, pero para el contexto australiano no necesariamente lo fue), que había invertido \$115 millones en esta instalación. Bajo este arreglo la distribución del tiempo Sincrotrón se hacía en relación a quienes eran las entidades fundadoras, creando una organización con una visión comercial, no académica que respondiera al mérito científico. Este modelo de distribución de tiempo sincrotrón creó una de las crisis más grandes que haya enfrentado la comunidad de sincrotrones en el mundo y la de Australia en particular. En menos de dos meses el director del sincrotrón, la presidenta del consejo y la mayoría de los miembros del Consejo Científico Internacional habían renunciado. Los eventos que dieron lugar a esta crisis fueron los siguientes:

- Los periódicos en Australia publicaron, el 8 de noviembre del 2009, la noticia del despido del director del sincrotrón, profesor Robert Lamb el 29 de Octubre, de manera violenta, solamente vista en organizaciones comerciales con fuertes intereses económicos, como un banco o una compañía de venta y compra de acciones. La presidenta del consejo directivo, Catherine Walter, acompañada por Rod Hill, uno de los miembros del Consejo Directivo, fue a la oficina del Profesor Lamb y le dijo que sus servicios ya no eran necesarios y que tenía unas horas para empacar sus pertenencias y salir del edificio. El Profesor Lamb, quien es toda una luminaria científica en Australia, procedió a recoger sus cosas y ser acompañado por elementos de seguridad del sincrotrón a la salida del edificio. De acuerdo al profesor Lamb, su despido además de ser sorpresivo no fue justificado. Él argumentó que no recibió ninguna razón que justificara la acción tomada por la presidenta Walter.

- Durante los siguientes días se empezó a especular sobre las razones de este despido, que fueron desde que el consejo directivo estaba frustrado por la falta de capacidad del profesor Lamb de garantizar la aprobación del presupuesto federal de \$40 millones de dólares para que el sincrotrón pudiese seguir operando después del 2012, hasta cuestiones relacionadas con cómo administrar una instalación científica como el sincrotrón. En suma, un enfrentamiento entre la cultura corporativa representada por la presidenta Walter y el mundo académico y científico representado por el profesor Lamb.
- Las nubes del caos cayeron sobre el sincrotrón y las operaciones diarias empezaron a ser afectadas. Los periódicos publicaron, el 29 de noviembre del 2009, que el profesor Frank Larkins —quién era miembro del primer grupo de usuarios del sincrotrón y quien asumió el liderazgo político-científico del proyecto en Victoria— declaró que la situación “era insostenible” y demandó que varios miembros del consejo directivo renunciaran, entre ellos la presidenta Walter. El profesor Larkins era el presidente del Grupo Asesor Científico del Sincrotrón. Esto desencadenó públicamente el enfrentamiento entre los científicos y el consejo directivo.
- Por otra parte, se reportó que el ministro federal de Ciencia y Tecnología, Kim Carr estaba “enfurecido por la situación” y planeaba absorber la administración del sincrotrón.
- El 6 de diciembre del 2009, siete de los científicos más renombrados del país le dieron un ultimátum a la presidenta Walter, si ella no renunciaba, ellos renunciarían a sus puestos en el sincrotrón, lo que efectivamente detendría en seco todas las actividades de esta instalación científica. El profesor Larkins advirtió que los científicos renunciarían en masa.

- El mismo 6 de diciembre, el profesor Lamb declaró que demandaría al consejo directivo por despido injustificado. La presidenta Walter declara que ella no puede hacer públicas las razones del despido por cuestiones legales y de confidencialidad.
- Durante una reunión internacional en China, el grupo de directores de sincrotrones, declara que el sincrotrón australiano estaba a un paso de desintegrarse como organización. Los directores le envían una carta al gobernador de Victoria, John Brumby, en donde le solicitan su intervención en la disputa y aclaran que el Comité de Asesores Científicos es la entidad más importante que existe en un sincrotrón, apoyando con ello al profesor Larkins.
- El 11 de diciembre del 2009, renuncian el profesor Larkins y otros tres miembros del Comité Científico Australiano de Asesoría (SAC). En total cinco de los nueve miembros del comité asesor internacional renunciaron por esta crisis.
- Para el 20 de diciembre del 2009, todos los tres gerentes ejecutivos del sincrotrón habían renunciado.
- Hay un llamado para que el Premio Nobel Gustav Nossal intervenga en la disputa. El Profesor Nossal conoce tanto a la presidenta Walker como al prof. Larkins y aunque estaba renuente a intervenir, aceptó participar para identificar una solución a esta crisis. El gobierno de Victoria apoya a la presidenta Walker.
- Poco a poco la situación empieza a calmarse y empieza la batalla para asegurar el financiamiento del sincrotrón para el período 2012-2016.

Walter, apoyada por el gobierno de Victoria, se mantuvo como presidenta del consejo del sincrotrón hasta noviembre del 2012. El Sincrotrón Australiano sobrevivió esta crisis para caer en otra que los chinos describirían como “la muerte de las mil

cortadas”. La crisis generada por la falta de financiamiento para operar después del 2012. El 28 de febrero del 2011 el profesor Keith Nugent fue nombrado director del sincrotrón y tenía como tarea principal el asegurar el futuro financiamiento de sincrotrón. El sincrotrón cayó en un limbo de incertidumbre financiera por casi 14 meses. El 26 de Septiembre del 2011, se publicó que ante la incertidumbre de financiamiento, muchos científicos australianos estaban por desertar del sincrotrón.

El 28 de marzo del 2012, el sincrotrón australiano aseguro fondos de operación por \$95 millones de dólares, \$69 millones provenientes del gobierno federal y \$26 millones del gobierno de Victoria. Pero el financiamiento federal no fue fortuito, tenía condiciones. La primera fue la reducción del 10% el personal del sincrotrón; la segunda fue la absorción del sincrotrón por la Organización Nuclear de Ciencia y Tecnología ANSTO que tenía un papel menor en la administración anterior; la tercera una nueva estructura de Gobierno.

El Profesor Nugent anuncia su renuncia el 21 de agosto del 2012, coincidió con los recortes de personal y la absorción del Sincrotrón Australiano por la ANSTO.

La crisis técnica se dio en el 2012 cuando se identificó que el sincrotrón tenía problemas para mantener la estabilidad en los haces de luz en algunas situaciones. Esto se recibió técnicamente en el 2013, pero el problema subrayó la deficiencia tecnología de Australia para identificar y resolver un problema de operación con carácter científico como resultado de la estrategia de adquirir toda la tecnología del extranjero.

12.5.2.4 Marco jurídico

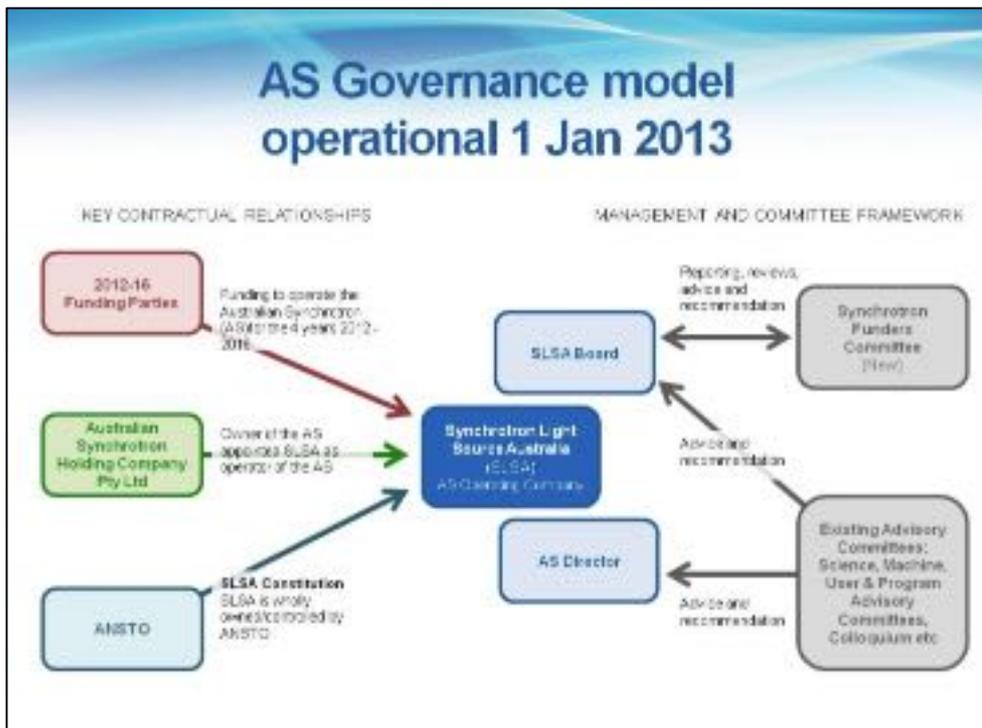
La absorción del sincrotrón por ANSTO cambiaría la relación de poder entre el gobierno federal y el gobierno Estatal de Victoria, y convertiría el sincrotrón en un verdadero Laboratorio Nacional asegurando su financiamiento de operación futuro. De

hecho, el cambio permitió que el gobierno del estado de Nueva Gales del Sur (NWS) contribuyera económicamente para la construcción de más líneas experimentales.

ANSTO tomó control operacional del Sincrotrón el 1° de enero del 2013, a través de la compañía Synchrotron Light Source Australia Pty Ltd (SLSA). Esta entidad tiene el derecho exclusivo para operar, administrar y desarrollar los bienes de capital bajo un contrato de servicios de operación (OSA) con la compañía original ASHCo. La compañía es sin fines de lucro y como tal está exenta de pagar el impuesto a los ingresos.

El nuevo método para distribuir el tiempo sincrotrón es un conocido como “Juste Retour System”, la distribución entre los inversionistas es con base proporcional a sus contribuciones financieras y siguiendo una selección de proyectos de investigación por mérito científico, no hay cuotas de tiempo fijo asignadas por inversionista ya que esto contradeciría el principio de mérito científico. El modelo aparta el 20% del uso del sincrotrón para proyectos industriales.

El 20 de noviembre del 2013, el Dr. Andrew Peele fue nombrado como director del Sincrotrón Australiano. Con esto “regreso la calma” operativa al Sincrotrón Australiano, después de tres años de turbulencia.



Gráfica 6 Modelo de Gobierno del sincrotrón australiano

12.5.2.5 Selección de la ubicación del Sincrotrón Australiano

La selección final del sitio para construir el Sincrotrón Australiano se dio casi de manera automática, la única zona lo suficientemente grande cerca de un parque tecnológico en Melbourne y de una de las universidades más grandes del estado, la de Monash. Las características del terreno no fueron consideradas como requisito para elegir el lugar para construirlo. El sincrotrón está localizado a 30Km del aeropuerto internacional de Melbourne.

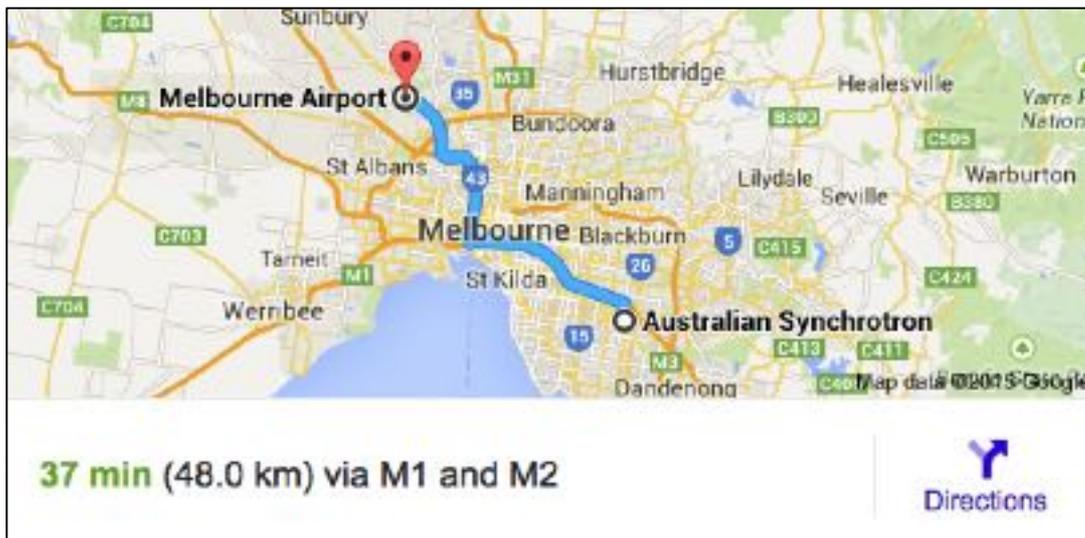


Imagen XXIX Ubicación geográfica del sincrotrón australiano

12.5.2.6 Alianzas con otros sincrotrones

El equipo científico del sincrotrón tenía fuertes conexiones con el sincrotrón KEK en Japón y con el Laboratorio Nacional de Brookhaven. Pero en general tenían buenos vínculos con la mayoría de los miembros de la comunidad de sincrotrones en el mundo.

12.5.2.6.1 Acceso a las líneas experimentales extranjeras

Desde 1993, los científicos australianos tuvieron acceso a la línea experimental (BL20B) localizada en la Fábrica de Fotones KEK en Japón. También tenían la posibilidad de llevar a cabo investigaciones en otros sincrotrones; desde 1992 hasta el 2008, el Programa Australiano para la Investigación en Sincrotrones (ASRP) permitió que los científicos nacionales tuviesen acceso a 4,000 días de uso de tiempo sincrotrón en Estados Unidos, Japón y Taiwán.

El programa ASRP estaba administrado por la ANSTO. En Estados Unidos los científicos australianos tenían acceso a la Fuente Avanzada de Fotones (APS) en el Laboratorio Nacional de Argón. De 30 grupos experimentales activos en 1997, se incrementó a 180 en el 2007. En total, el ASRP financió 1,400 experimentos y a más de

3,000 visitas de científicos. Con el inicio de operaciones del sincrotrón, el ASRP fue disuelto en septiembre del 2008.

12.5.2.6.2 Comunicación, redes sociales e internet

El sincrotrón australiano tiene página de internet, cuentas de Tweeter y Facebook y produce una publicación en línea. Hasta antes del 2014 organizaba un “Día abierto” el cual fue cancelado por razones presupuestarias en ese año; hay planes para reanudarlo para el 2015. El Sincrotrón recibe docenas de visitas de universidades y de escuelas.

12.5.2.7 El Sincrotrón como magneto para atraer otros centros de investigación, industrias y servicios de punta

El sincrotrón forma parte del recinto tecnológico de Monash que incluye las siguientes instalaciones de investigación científica:

- CSIRO Australia.
- Universidad de Monash.
- Monash Science & Technology Park.
- Monash Medical Centre.
- El Centro de Melbourne de Nanofabricacion

12.5.2.8 Decidiendo que tipo de sincrotrón construir

El Profesor John Boldeman, considerado como el arquitecto científico del sincrotrón australiano escribió una serie de reportes conocidos como el *Boomerang Report* en donde desarrolló el concepto científico y técnico del Sincrotrón Australiano.

Cuando estos artículos fueron escritos, las especificaciones técnicas del Sincrotrón Australiano eran de avanzada. En estos Reportes se identifica que el sincrotrón debería de tener 3GeV de potencia y una emitancia de menos de 12nm. Posteriormente, el sincrotrón redujo la emitancia a 10 nm y tiene 216 metros de circunferencia.

12.5.2.9 Formación de usuarios

El sincrotrón organiza reuniones de usuarios cada año. La última tuvo lugar el 20 y 21 de noviembre del 2014. La próxima reunión será el 26 y 25 de noviembre del 2015. Antes de la reunión el sincrotrón organiza un simposio para nuevos investigadores interesado en la luz de sincrotrón. En el periodo 2013-2014 se aprobaron 826 experimentos lo que resultó en 4,347 visitas de usuarios correspondientes a 1,594 investigadores individuales.



Imagen XXX Comunidad de usuarios del sincrotrón australiano

12.5.2.9.1 Vínculos del sincrotrón con la industria

Históricamente el 10% de las investigaciones tienen relación con la industria. En el periodo 2013-2014, el 19% de los experimentos tenían vínculos directos o indirectos

con la industria. El Sincrotrón australiano formó un equipo de apoyo científico y técnico exclusivo para este sector.

12.5.2.10 Estructura de personal

El sincrotrón tiene 120 trabajadores. El presupuesto anual de operación del sincrotrón es de \$26 millones de dólares. El 61.4% del presupuesto se orienta a pagar salarios y consultorías. La estructura organizacional interna sigue los estándares internacionales. Tiene un director y tres áreas, una de ciencia, una de ingeniería y una de servicios corporativos.

12.5.3 Lecciones aprendidas

- *Laboratorio nacional.* El diseño y construcción del sincrotrón australiano se llevó a cabo de acuerdo al calendario de actividades y presupuesto aprobado. El problema no fue técnico sino político. Y este problema surgió porque no se definió al sincrotrón australiano como un laboratorio nacional.
- *Medición del impacto económico y social.* Las autoridades del Sincrotrón Australiano han tratado de incluir sistemáticamente información sobre el impacto económico potencial generado por sus investigaciones aplicadas. Con ello han desarrollado indicadores considerados como “la mejor práctica mundial” para la medición del éxito comercial y social de empresas científicas de este tipo.

12.5.4 Recomendaciones

En esta sección incluimos recomendaciones específicas en relación al proyecto de sincrotrón de México:

- Certidumbre financiera. El Dr. Keith Nugent recomendó asegurar que la financiación para operar el sincrotrón sea clara, en relación a las partes contribuyentes, y proporcione la estabilidad y certidumbre necesaria para que los servicios del sincrotrón continúen ininterrumpidamente.

Brian Schmidt y Andrew Peele sugirieron:

- El sincrotrón requiere de un plan estratégico.
- El Sincrotrón Australiano nació de un contexto que no fue muy estratégico, de una decisión hecha por los políticos sin que existiese un plan estratégico. Básicamente “nos concentramos en construirlo, sin pensar mucho en lo que pasaría después”.
- Sub-utilización del sincrotrón (9 líneas-38 potenciales). Por ejemplo desde que entró en operación con 9 líneas de experimentación, ninguna línea adicional ha sido planeada. El Premio Nobel, Brian Schmidt argumentaba que no tenían ninguna línea experimental en ciencias geológicas, y que ésta beneficiarían enormemente al sector minero. Si tomamos en cuenta —explicaron— que exportamos más de 1 billón de dólares al año en equipo minero, deberíamos de haber considerado este tipo de información para diseñar una línea de experimentación que sirviese a este mercado. Esto ha provocado que sigamos enviando a científicos al extranjero para realizar experimentos, porque no hemos construido la capacidad en nuestro propio sincrotrón para hacer estos experimentos. Esto es como “Conducir un Ferrari de 200 millones de dólares y manejarlo alrededor de la manzana”. Es un gran desperdicio.

12.5.5 Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (FDOA)

Este análisis se produjo a partir de las experiencias del equipo del Sincrotrón Australiano:

Fortalezas (F)	Debilidades (D)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Liderazgo científico y técnico (varias personas). 2. Liderazgo político (dos Gobernadores estatales de Victoria). 3. Apoyo político a nivel ministerial (estatal y federal). 4. Presupuesto total aprobado para la construcción del sincrotrón y de las primeras 9 líneas de experimentación. 5. Gran capacidad logística y gerencial para diseñar el sincrotrón y construirlo en los plazos fijados con el presupuesto asignado. 6. Capacidad científica y técnica para diseñar un sincrotrón. 7. Construcción de una línea experimental en Japón KEK dedicada a capacitar a técnicos y usuarios (BL20B). 8. Programa de usuarios para capacitarse en otros sincrotrones extranjeros. 9. Fuerte demanda de servicios sincrotrón (sobre-demanda) 10. Fuerte participación de la industria. 11. Indicadores de desempeño por arriba de los observados en otros sincrotrones equivalentes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de un plan estratégico de desarrollo. 2. Falta de financiamiento seguro de mediano plazo. 3. Marco jurídico complejo. 4. Estructura de gobierno compleja. 5. Metodología para la asignación de tiempo sincrotrón. 6. Capacidad limitada para hacer mantenimiento correctivo internamente. 7. Conflicto potencial de culturas corporativa vs científica.
Oportunidades (O)	Amenazas (A)
<ul style="list-style-type: none"> • Expansión potencial de más líneas experimentales competitivas a nivel internacional. • Utilización de la reputación académica y científica para ofrecer servicios internacionalmente (dada la fuerte calidad y cantidad en las 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de presupuesto para construir más líneas de experimentación. 2. Conflicto interno entre los fundadores del sincrotrón y los contribuyentes para su financiamiento.

investigaciones realizadas).	
------------------------------	--

Cuadro 37 Análisis FDOA del sincrotrón australiano

12.5.6 Conclusiones

El Sincrotrón australiano nació con cuatro grandes problemas:

- El primer problema fue que no era un producto de la negociación entre los diferentes órganos de gobierno, entre el gobierno federal y el gobierno estatal de Victoria. La decisión súbita del gobierno de Victoria de financiar el sincrotrón no permitió que se formulara un plan estratégico que incluyera la participación de la federación en la toma de decisiones. La federación contribuyó al sincrotrón pero no ejerció, en un principio, ningún control directo (lo tenía a través de ANSTO). Esto propició que no se firmaran acuerdos de largo plazo entre la federación y el estado de Victoria para garantizar el financiamiento necesario para pagar por los gastos de operación anuales del sincrotrón.
- El segundo problema se creó con la idea de que el sincrotrón operaría culturalmente como una empresa privada, en donde las prioridades estarían dictadas por los imperativos comerciales y no por el mérito científico de la investigación en turno. Un laboratorio de carácter nacional no puede regirse bajo un modelo comercial.
- El tercero fue que se permitió que la distribución del tiempo sincrotrón fuera determinada por los inversionistas fundadores, no que fuese proporcional en relación a la cantidad de dinero anual entregado por las 17 entidades que lo integraban y en base al mérito científico de las mismas. Esto representaba tener que negociar con multitud de intereses en donde no había incentivo alguno para que los inversionistas incrementaran sus contribuciones económicas.

- El cuarto fue que nunca se definió con claridad la cantidad de capital que se requería para continuar construyendo las líneas de experimentación faltantes. E decir, el Sincrotrón Australiano tiene la capacidad de operar 38 líneas de experimentación y solo tiene 9 líneas. Esto significa que esta mega-infraestructura está muy sub-utilizada. Esta falta de desarrollo hace que muchos científicos australianos continúen viajando al extranjero para satisfacer sus necesidades de investigación. La construcción de otras 29 líneas de experimentación requerirá de un capital adicional de entre 200 y 300 millones de dólares y gastos de operación adicionales de entre 20 y 25 millones de dólares al año. Conseguir esta cantidad de dinero representa un gran desafío para las autoridades del sincrotrón.

Todos estos problemas casi destruyeron esta megaempresa, que sin embargo ha sobrevivido para convertirse en una de las mejores empresas científicas de su tipo en el mundo.

12.6 Análisis FODA transversal

Con base en la información recabada en cada uno de nuestros estudios de caso analizar en su conjunto los temas identificados en nuestro análisis FODA. Este análisis es la fuente de nuestras conclusiones y recomendaciones.

Análisis SWOT Transversal

Fortalezas (F)

No	Tema/Sincrotrón	Alba	LNLS	Sirius	SESAME	Elektra	Australiano	Comentarios
1	Liderazgo							
	Político			✓	✓	✓	✓	
	Científico				✓		✓	
	Político/Científico	✓	✓	✓	✓	✓		
2	Apoyo de expertos							
	Comunidad internacional de Sincrotrones	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	ICTP				✓			
	CERN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Comité internacional de expertos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Comité nacional de expertos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Contratación de un experto en sincrotrones	✓	✓	✓	✓	✓		
	Contratación de un experto en aceleradores	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	Aprobación presupuestal							
	Presupuesto total aprobado para la construcción del sincrotrón y todas las líneas de experimentación					✓		
	Presupuesto total aprobado para la construcción del sincrotrón y algunas líneas iniciales de experimentación (menos de 10 líneas)	✓					✓	
	Presupuesto de operación aprobado por un periodo de cuatro años						✓	La crisis del Sincrotrón Australiano se derivó por la falta

								de seguridad presupuestal por el segundo período de 4 años.
	Seguridad presupuestal para la operación anual del sincrotrón					✓		
	Flujo de efectivo consistente	✓				✓	✓	
4	Modelo Jurídico							
	Ley nacional aprobada por el congreso		✓					Ley de organizaciones sociales
	Modelo jurídico de operación siguiendo el modelo de un laboratorio nacional	✓			✓	✓		
	Modelo Jurídico de operación siguiendo el modelo de un laboratorio internacional			✓				
5	Líneas de experimentación en el extranjero							
	Construcción de una línea					✘	✓	Uso del ESRF
	Construcción de dos líneas	✓						
	Acceso a líneas en otros sincrotrones		✓	✓	✓	✓		
6	Usuarios							
	Fuerte comunidad de usuarios (la demanda es mayor que la oferta)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Perfil multidisciplinario de la comunidad de usuarios	✓			✓	✓	✓	
	Dos convocatorias públicas para la investigación por año	✓				✓	✓	
	Fuerte participación de usuarios industriales/comerciales					✓	✓	

7	Construcción y equipamiento							
	Estrategia exitosa de pre-ensamblaje y prueba de equipo	✓					✓	
	Estrategia para impulsar a la Industria Nacional		✓	✓				
	Desarrollo de una capacidad interna para diseñar sincrotrones	✓						
	Desarrollo de una capacidad interna para innovar en equipos sincrotrón (líneas experimentales)	✓						
	Capacidad interna para mantener (preventiva y correctiva) el sincrotrón		✓	✓				
	Rapidez para la construcción del sincrotrón (6 años o menos)	✓				✓	✓	
	Oportunidades (O)							
No	Tema/Sincrotrón	Alba	LNLS	Sirius	SESAME	Elektra	Australiano	Comentarios
1	Expansión del uso potencial del Sincrotrón							
	Líneas experimentales competitivas a nivel internacional	✓		✓		✓	✓	
	Fuerte comunidad multidisciplinaria de usuarios	✓				✓	✓	
	Expansión potencial de más líneas experimentales competitivas a nivel internacional	✓		✓	✓		✓	

	Utilización de la reputación académica y científica para ofrecer servicios a usuarios internacionalmente (dada la fuerte calidad y cantidad en las investigaciones multidisciplinarias realizadas)	✓				✓	✓	
	Consultoría para el diseños experimental y el análisis de resultados (basada en el conocimiento en el desarrollo de sensores)		✓					
	Consultoría para la construcción de otros sincrotrones		✓				✓	
	Debilidades (D)							
	Tema/Sincrotrón	Alba	LNLS	Sirius	SESAME	Elektra	Australiano	Comentarios
No								
1	Estructura de Gobierno							
	Estructura de gobierno compleja						✓	
	Marco jurídico complejo						✓	
	Falta de un plan estratégico de desarrollo para el uso del Sincrotrón						✓	

2	Prioridades Nacionales							
	Limitaciones políticas gubernamentales y reglamentos para adquirir equipo del extranjero		✓					
	Presión política para adquirir equipo de proveedores nacionales emanados de una estrategia nacional			✓				Retrasos en el programa de compras
3	Seguridad Presupuestal							
	Falta de presupuesto aprobado para la terminación del proyecto (edificio y equipamiento)			✓	✓			
	Falta de un presupuesto aprobado para construir la totalidad de las líneas de experimentación	✓	✓	✓	✓		✓	
	Problemas en la entrega del presupuesto autorizado (creando problemas de flujo de efectivo)		✓	✓	✓			
4	Seguridad en caso de fenómenos naturales/accidentes							
	Falta de seguros de protección de la infraestructura y equipamiento	✓	✓	✓	✓			
5	Capacidad interna para mantener el sincrotrón							
	Falta de capacidad tecnológica interna para hacer mantenimiento correctivo internamente (eventos complejos)	✓		✓	✓	✓	✓	

6	Construcción y equipamiento							
	Falta planeación y detalle en actividades de baja tecnología	✓						
7	Operación técnica							
	Problemas con el suministro continuo y estable de electricidad	✓	✓	✓	✓			
	Impacto por fenómenos naturales				✓			
8	Usuarios							
	Desafíos en la transferencia de tecnología Sincrotrón –Industria en el proceso de construcción del Sincrotrón (emergente)	✓	✓	✓	✓			
	Falta de una mayor participación de la Industria	✓	✓	✓	✓			
	Amenazas (A-T)							
No	Tema/Sincrotrón	Alba	LNLS	Sirius	SESAME	Elektra	Australiano	Comentarios
1	Contexto político, económico y científico							
	Inestabilidad política		✓	✓	✓			
	Inestabilidad económica	✓	✓	✓	✓			
	Posibilidad de un conflicto armado en la región involucrando a los países socios del Sincrotrón				✓			
	Resistencia inicial de la comunidad	✓	✓					

	científica al proyecto							
	Resistencia de la población local al proyecto	✓			✓	✓		
2	Aprobación presupuestal							
	Falta de un presupuesto seguro para operar en el corto plazo		✓	✓	✓			
	Falta de un presupuesto seguro para operar en el mediano plazo	✓					✓	
	Falta de un presupuesto seguro para construir líneas experimentales adicionales (subutilización de la infraestructura sincrotrón)	✓		✓	✓		✓	
	Flujo de efectivo							
3	Construcción y equipamiento							
	Sistema burocrático para adquirir equipo en el extranjero			✓				
	Sistema burocrático para contratar personal extranjero			✓				
4	Operación							
	Precio de la electricidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	Suministro continuo y estable de electricidad	✓	✓	✓	✓			
	Fenómenos naturales (cambio climático)		✓	✓	✓			

Cuadro 38 Análisis FDOA transversal

13. Conclusiones Generales

Con base en la información capturada y analizada en este estudio, concluimos que:

- La construcción del primer sincrotrón en México es una necesidad prioritaria e impostergable.
- Su construcción elevaría la posición científica y tecnológica, el crecimiento económico y la calidad de vida de la población en el país.
- La construcción de un sincrotrón es consistente con las recomendaciones hechas por todos los organismos rectores de ciencia y tecnología en el mundo avanzado.
- México tiene la capacidad científica y tecnológica para llevar a cabo con éxito una empresa científica de esta magnitud-
- México tiene la masa crítica de científicos y tecnólogos trabajando en las áreas multidisciplinarias que se beneficiarían por el uso de esta tecnología.
- La tecnología sincrotrón está probada y los riesgos de implementar un proyecto de este tipo son mínimos, sobre todo si México se apoya en la experiencia y el conocimiento de la comunidad de sincrotrones en el mundo.
- No hay una tecnología alternativa que sea viable al sincrotrón en el horizonte cercano, por lo menos no en dos décadas.
- La inversión en esta empresa científica sería distribuida en los 7-10 años de construcción del sincrotrón con lo cual se amortizaría el impacto financiero en la economía del país generado por este megaproyecto científico.
- El riesgo asociado a este proyecto se minimizaría si se toman en consideración las estrategias de éxito, lecciones aprendidas, principios y recomendaciones descritas en este documento.

14. Recomendaciones

14.1 Generales

1. Construir un sincrotrón: de tercera generación en México siguiendo las especificaciones de la propuesta científica y técnica elaborada por el proyecto FOMIX.

2. Construir el sincrotrón en un área que posibilite:

- a) La construcción de un parque tecnológico con suficiente espacio y excelentes servicios de infraestructura que permitan, en el futuro, la construcción de un parque industrial con centros de investigación complementarios y usuarios industriales potenciales o existentes.
- b) Ubicarlo en un corredor científico, en una zona o corredor geográfico en donde ya existan varios centros de investigación que hospeden a usuarios potenciales del sincrotrón.
- c) El acceso a múltiples vías de comunicación terrestre y aéreas seguras.
- d) El acceso a un aeropuerto internacional a una distancia no mayor de tres horas.

3. Construir inmediatamente dos líneas experimentales en dos sincrotrones internacionales para capacitar a los científicos, tecnólogos y personal de apoyo que mantenga, opere y asesore a los usuarios de estas instalaciones científicas.

4. Construir una de las líneas experimentales para la capacitación de usuarios mexicanos en el ALBA y la segunda en el Sincrotrón Australiano.

14.2 Definición de los principios para operan un sincrotrón en el marco de las prioridades y necesidades nacionales

Principio 1

Laboratorio Nacional: Que el Sincrotrón se defina como una instalación científica de carácter nacional, por lo que ofrecería servicios de investigación gratuitos a cualquier entidad de investigación pública o para-estatal del país y sólo cobraría por estos servicios a las entidades industriales o comerciales que tengan fines de lucro. El cobro por estos servicios sería claramente identificado y establecido en una lista de servicios y precios aprobados por el consejo ejecutivo del sincrotrón. Estos servicios comerciales, por razones de protección a la propiedad intelectual u de otra naturaleza, serían exentos de ser seleccionados de acuerdo al mérito científico.

Principio 2

Estructura del gobierno del sincrotrón: que represente lo mejor de la ciencia, la educación y la probidad y capacidad gerencial y administrativa de México. Ninguno de los representantes del consejo directivo o de la administración participará en el sincrotrón como representantes de la entidad en donde trabaja o de donde reciba la mayor parte de sus ingresos, sino como individuos que responden por mérito a los criterios de selección establecidos.

Principio 3

Selección del tiempo Sincrotrón. Para llevar a cabo investigaciones de carácter público será determinada por:

- a) El mérito científico de la investigación establecido por un panel de expertos siguiendo estándares y criterios aceptados internacionalmente
- b) A menos que sea aprobado por el consejo directivo en base a una serie de criterios preestablecidos, todos los resultados que emanen de las investigaciones

de carácter público tendrán que ser publicadas en revistas científicas y académicas reconocidas nacional o internacionalmente.

- c) Apartar una porción del tiempo sincrotrón para que las personas que trabajan en esta instalación puedan realizar sus propios experimentos, modernizar la planta de investigación y capacitarse.

Principio 4

Desarrollo de tecnologías propias: En la fase de diseño, construcción y operación del sincrotrón considerar como un elemento importante la posibilidad de generar tecnologías que puedan ser transferidas hacia o comercializadas por la industria nacional.

Principio 5

Impulso a la industria nacional: En la fase de diseño, construcción y operación del sincrotrón se considerara como un elemento importante la posibilidad de adquirir o comisionar servicios en primera instancia a la industria nacional siempre y cuando estas industrias tengan un nivel competitivo en términos de calidad, plazos de entregar, precio y condiciones de pago en relación a sus contrapartes internacionales.

Principio 6

Apoyo a otros investigadores internacionales: El Sincrotrón abrirá la posibilidad para que otros científicos en el Caribe, Centroamérica, Sudamérica participen en el proceso de selección de investigaciones por mérito y en los programas de capacitación organizados por el sincrotrón mexicano.

Principio 7

Investigaciones compatibles con nuestros valores: El sincrotrón solo aprobará investigaciones que sean compatibles con las obligaciones internacionales o nacionales que México tenga en relación por ejemplo a la no-proliferación de armamentos biológicos o nucleares, y/o prácticas que universalmente sean consideradas como legales o éticas.

14.3 Recomendaciones específicas

14.3.1 Recomendaciones preparatorias (inmediatas)

1. Solicitar apoyo técnico y financiero del Centro Internacional para Física Teórica Abdus Salam (ICTP) para capacitar a científicos y técnicos en temas relacionados al sincrotrón
2. Solicitar membresía como país observador del sincrotrón SESAME
3. Crear convenios de colaboración institucional entre México y países que tengan sincrotrones operando en su territorio.
4. Crear e implementar un programa de visita y capacitación científica y tecnológica para preparar a los científicos en el extranjero (líneas experimentales de sincrotrones en todo el mundo).
5. Crear e implementar una campaña de difusión intensiva sobre el sincrotrón, apoyándose en este estudio de caso, para la comunidad científica multidisciplinaria en México y en coordinación con el equipo que organiza el Año internacional de la Luz de la UNESCO.
6. Crear e implementar una campaña de difusión, apoyándose en este estudio de caso, para la cúpula política (partidos), industrial (COPARMEX, etcétera) y de negocios (CCE etc.) en México.

7. Crear e implementar programas de difusión y capacitación sobre el sincrotrón a nivel universitario y técnico y en coordinación con el equipo que organiza el Año internacional de la Luz de la UNESCO.
8. Crear e implementar una campaña de información para líderes locales y la población en general de la zona en donde sería construido el sincrotrón, sobre los riesgos asociados al uso de esta tecnología. Esta campaña podría incluir visitas de estos líderes locales a otros sincrotrones en el mundo (estrategia SESAME).
9. Crear e implementar un programa especial Conacyt para el otorgamiento de 100 becas de doctorado y posgrado en áreas relacionadas al sincrotrón
10. Crear e implementar una base de datos con mexicanos radicando en México o en el extranjero que haya realizado experimentos en algún sincrotrón (Red Global de Talentos mexicanos en el extranjero, escaneo digital etc.).
11. Identificar las actividades que produzcan avances concretos que puedan tener valor político o comercial para promocionar públicamente los avances en el proyecto sincrotrón (por ejemplo la primera piedra, la terminación del edificio, la prueba del LINAC).
12. Concretar los convenios de colaboración científica necesarios para facilitar la construcción de las dos líneas de experimentación en el extranjero.

14.3.2 Estrategia para la aprobación del presupuesto para el sincrotrón

1. Formalizar el equipo de trabajo político/científico para buscar los fondos necesarios para construir un sincrotrón. El equipo debe reunir los siguientes requisitos:
 - Ser representativo de la comunidad de usuarios científicos del sincrotrón potencial (multidisciplinarios) y actual (física, química).

- Este equipo no representaría entidades individuales sino áreas de investigación o funciones específicas.
 - Seguir los principios de trabajo característicos de un proyecto “Laboratorio Nacional”.
 - Aprobar decisiones de acuerdo a criterios de mérito científico.
 - Validar estas decisiones por un panel de expertos internacionales independientes al proceso de aprobación o ejecución del presupuesto del sincrotrón.
2. Crear dos comités de alto nivel científico y gerencial (uno internacional y otro nacional) para conseguir el apoyo a esta iniciativa de todos los partidos políticos (PRI, PAN, PRD, Partido Verde) y la oficina del presidente. El comité nacional estaría formado por miembros del equipo del sincrotrón más científicos de reconocimiento internacional en el área de aceleradores u en otra área (Premios Nobel, Premios Nacionales, etcétera).
 3. Producir un manifiesto de apoyo firmado por los 100 científicos más renombrados del país y con el respaldo de las siguientes entidades:
 - a) Conacyt
 - b) ANUIES
 - c) Academia Mexicana de Ciencias
 - d) UNAM
 - e) CINVESTAV
 - f) Gobierno de la ciudad de México (área científica)
 - g) Universidad de Puebla
 - h) Universidad de Sinaloa
 - i) Universidad de Guanajuato

- j) Universidad Iberoamericana
 - k) Universidad de San Luis Potosí
 - l) Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
 - m) Instituto Mexicano del Petróleo
4. Organizar seminarios internacionales donde participe gente del más alto nivel asociada (políticos, científicos, técnicos y usuarios) al sincrotrón e invitar a los sectores de investigación multidisciplinarios del país y al sector industrial.
 5. Buscar la aprobación total del presupuesto sincrotrón aunque las ministraciones de fondos ocurran a lo largo de un periodo de 10 años. Esto incluye:
 - a) El presupuesto para la construcción del sincrotrón y de todas las líneas experimentales.
 - b) El presupuesto de operación y mantenimiento del sincrotrón por un periodo mínimo de 4 años a partir del primer día de operación.
 - c) Creación de un mecanismo de aprobación de presupuesto que sea implementado por lo menos 18 meses antes de que el presupuesto asignado para los primeros 4 años vaya a caducar.
 - d) Crear un calendario de entrega de flujo de efectivo que sea ejercido fielmente.

14.3.3 Post- aprobación del presupuesto sincrotrón

1. Comisionar un estudio legal que desarrolle opciones para el marco jurídico del sincrotrón tomando en cuenta:
 - a) El modelo seguido por Brasil y por el ALBA.
 - b) Creación de una organización que no tenga fines de lucro pero que pueda tener o alinearse con organizaciones comerciales que sí tengan fines de lucro

(para la comercialización de una porción del tiempo sincrotrón y la comercialización de la propiedad intelectual generada por el sincrotrón).

- c) Identifique el tipo de impuestos que se tendrían que pagar en cada modelo.
 - d) Identifique el tipo de licencias que se requieren para operar una instalación como el sincrotrón.
2. Comisionar un estudio de Costo-beneficio para identificar la derrama económica y la creación de empleos que generaría el sincrotrón en la zona en donde vaya a ser construida esta instalación científica, una vez que haya sido aprobado el presupuesto.
 3. Comisionar un estudio de impacto económico a nivel nacional y regional derivado de la erogación presupuestal para construir y operar un sincrotrón.
 4. Comisionar un análisis de riesgos para determinar el tipo y monto de los seguros que el proyecto sincrotrón tiene que adquirir para asegurarse contra daños provocados por fenómenos naturales y/o actos de violencia.
 5. Crear una campaña nacional para identificar el nombre con el cual será conocido el sincrotrón mexicano.
 6. Iniciar un concurso nacional para seleccionar el mejor diseño arquitectónico del edificio y las instalaciones que hospedaran el sincrotrón.

14.3.4 Temas específicos

14.3.4.1 Liderazgo

1. Contratar al líder del proyecto científico con base en una búsqueda internacional de talentos.
2. Contratar al líder del área de aceleradores a partir de una búsqueda internacional de talentos.

3. Contratar al líder del área administrativa con base en una búsqueda internacional de talentos.
4. Crear o utilizar los comités de expertos internacionales y nacionales ya establecidos para asesorar el diseño específico del sincrotrón.
5. Identificar y contratar a la compañía que coordinara las labores de construcción de la infraestructura del sincrotrón: edificios, instalaciones, cableado, aspectos de seguridad, áreas para el procesamiento de datos, almacenes, etcétera. Esta compañía supervisará a los contratistas y sub-contratistas necesarios.

14.3.4.2 Control de calidad

1. Formación del equipo que monitoreará de la calidad de la infraestructura construida (apego a especificaciones técnicas).
2. Dar la misma prioridad al monitoreo de calidad de las instalaciones de baja tecnología que a las de alta tecnología. Dos de los sincrotrones observados tuvieron retrasos en la entrega del proyecto ocasionados por fallas en áreas e instalaciones de baja tecnología.

14.3.4.3 Diseño del edificio e instalaciones

Aspectos arquitectónicos y técnicos

1. Asegurar que el diseño preliminar corresponda arquitectónicamente y técnicamente con las especificaciones requeridas para operar un sincrotrón óptimamente (Top up mode).

2. Asegurar que el diseño de los cimientos del edificio tome en cuenta la minimización de vibraciones, cambios en temperatura, humedad e impactos por movimientos tectónicos u otro fenómeno natural como inundaciones.
3. Asegurar que el diseño del techo del edificio tome en consideración el impacto por los cambios bruscos de velocidad y dirección de los vientos, tempestades, nevadas y otro fenómeno meteorológico.
4. Asegurar que el diseño del edificio tome en consideración las instalaciones necesarias para conectar los diferentes componentes del sincrotrón a las fuentes de energía, enfriamiento, calentamiento, o servicios de agua y desecho de materiales.
5. Asegurar que el diseño del edificio tome en consideración la manera como los diferentes componentes del sincrotrón serán transportados, ensamblados y ubicados en sus respectivos lugares (inúmero y tipo de grúas a instalar, plan de transporte y ensamblaje, etc.).

14.3.4.4 Áreas de apoyo y complementarias

1. Asegurar que el diseño del edificio tome en consideración las áreas administrativas y de seguridad, acceso seguro al sincrotrón, áreas para el centro de procesamiento de datos, almacenes y zonas de pre-ensamblaje de equipo y para llevar a cabo evaluaciones y pruebas técnicas de prototipos y equipo entregado.

14.3.4.5 Diseño del sincrotrón (aparato)

1. Formar los equipos de diseño siguiendo la estructura del modelo Australiano o la del ALBA:

- a) Equipo científico
 - i. LINAC
 - ii. Anillo de almacenamiento
 - iii. Especificaciones científicas para la licitación de equipo adquirido nacionalmente o en el extranjero
 - b) Equipo técnico (de Ingenieros)
 - i. Especificaciones técnicas para la licitación de equipo o instalaciones adquirido nacionalmente o en el extranjero.
 - c) Equipo administrativo
 - i. Determinación de las plantillas de personal sus responsabilidades y niveles de autoridad, y transición de papeles: diseño, construcción, operación y mantenimiento.
 - ii. Reclutamiento y contratación de personal.
 - iii. Especificaciones administrativas para licitaciones internacionales o nacionales.
 - iv. Identificación y contratación de empresas para llevar a cabo auditorías externas (financieras, administrativas, de calidad, etc.). Gestión de fondos públicos externos al sincrotrón que apoyen el desarrollo de la tecnología industrial en el país y con los cuales se puedan construir prototipo que el equipo sincrotrón pueda evaluar (estrategia Sirius) para determinar si la industria tiene la capacidad de producir el equipo requerido.
2. Identificar los componentes esenciales del sincrotrón y producir las especificaciones técnicas detalladas que sean relevantes.
 3. Identificar los equipos necesarios para asegurar una operación continua y estable del sincrotrón:

- a) Fuente de energía (subestación eléctrica, tipo de cableado, fuentes alternas y de apoyo como UPS, etc.).
- b) Enfriamiento y calentamiento de equipo e instalaciones.
- c) Identificar los circuitos eléctricos susceptibles de ser afectados por cambios pequeños en el suministro de electricidad o de otra naturaleza (impacto magnético, explosiones solares).
- d) Planear el programa de mantenimiento y prueba de equipos de apoyo en caso de contingencia.

14.3.4.6 Construcción del sincrotrón

1. Desarrollar una estrategia de adquisición de equipos al interior del país, en donde se impulse el desarrollo de industrias nacionales potenciales o en marcha y de compra en el extranjero:
 - a) Identificación de los componentes del sincrotrón que podrían ser producidos en el país en relación a los componentes que tendrán que ser adquiridos en el extranjero.
 - b) Identificación de las ventajas y desventajas de construir equipos en México tomando como mínimo los siguientes criterios:
 - i. Capacidad interna de respuesta.
 - ii. Calidad, precio y plazos de entrega.
 - iii. Condiciones de pago.
 - iv. Posibilidad de comercializar esta tecnología en el país o en el extranjero.
2. Desarrollar un calendario de actividades siguiendo los lineamientos de una ruta crítica.

3. Desarrollar un sistema de monitoreo de la calidad en el equipo concurrente con su fabricación que permita la detección temprana de fallas o ajustes en las especificaciones técnicas.
4. Identificar los espacios físicos para el pre-ensamblaje y prueba del equipo entregado.
5. Validar y regular de las especificaciones técnicas, resultados de prueba de equipo y cálculos por el panel de científicos internacionales y nacionales.

14.3.4.7 Diseño de las líneas experimentales

1. Desarrollar una estrategia para identificar jerárquicamente el programa de construcción de las líneas experimentales del sincrotrón con base en lo siguiente:
 - a) Análisis de las líneas con más demanda de usuarios en el mundo.
 - b) Análisis de las áreas estratégicas para el desarrollo científico y tecnológico en México.
 - c) Análisis de las áreas potenciales que de acuerdo al perfil de la comunidad de científicos mexicanos podrían generar una mayor demanda.
 - d) Análisis de los sensores que podrían optimizar los resultados obtenidos en las líneas de experimentación.
 - e) Análisis de la demanda potencial de usuarios provenientes del sector industria en México.
 - f) Análisis de las demandas existentes en México, prioridades y brechas en investigación tecnológica basados en los siguientes campos:
 - i. Seguridad alimentaria.
 - ii. Energía.

- iii. Salud pública.
 - iv. Cambio climático.
 - v. Herencia cultural y artística.
2. Desarrollar un programa de colaboración con la comunidad de sincrotrones para intercambiar acceso de tiempo sincrotrón para acceder a líneas experimentales que no sea posible construir en México o que experimenten una demanda mayor a la estimada.

14.3.4.8 Comunidad de usuarios

1. Iniciar una campaña para expandir el número de usuarios multidisciplinarios del sincrotrón que incluya los siguientes elementos:
- a) Difusión a nivel secundaria y preparatoria de los usos científicos del sincrotrón.
 - b) Incluir temas relacionadas al sincrotrón en museos científicos o tecnológicos del país (por ejemplo en el Museo del Papalote).
 - c) Inclusión de materias optativas en los niveles terciarios (Universidades e Institutos Tecnológicos) sobre técnicas específicas de investigación usando el sincrotrón.
 - d) Organización de seminarios, talleres y cursos de capacitación abiertos al público sobre el sincrotrón.
 - e) Organización de conferencias para difundir los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en el sincrotrón.
 - f) Fortalecer la comunidad de usuarios del sincrotrón para que puedan llevar a cabo reuniones temáticas cada seis meses y una anual de carácter general.

- g) Considerar como un criterio adicional la investigación usando el sincrotrón (en disciplinas donde esto sea pertinente) como un elemento para que los investigadores puedan ingresar o ser promovidos en el Sistema Nacional de Investigadores de Conacyt.
 - h) Diseñar e implementar una estrategia para atraer a investigadores de la industria nacional y proporcionar:
 - i. Cursos de inducción.
 - ii. Identificación de técnicas de análisis.
 - iii. Servicios de apoyo para el análisis e interpretación de resultados.
2. Crear un “Premio nacional luz de sincrotrón” sobre la mejor investigación llevada a cabo anualmente en el sincrotrón.
 3. Facilitar el intercambio de ideas entre las diferentes comunidades de usuarios del sincrotrón en el mundo.
 4. Desarrollar y poner a prueba el sistema de selección de investigaciones científicas que serán aprobadas de acuerdo al mérito científico.
 5. Diseñar el proceso y la periodicidad de las convocatorias públicas para invitar a los investigadores que propongan investigaciones científicas usando el tiempo sincrotrón.
 6. Identificar que apoyos financieros, de hospedaje, transporte y alimentación podrían ser otorgados a los científicos cuyos proyectos hayan sido aprobados.

14.3.4.9 Recomendaciones de pre-operación del sincrotrón

14.3.4.9.1 Suministro eléctrico

1. Negociar un precio especial de mayoreo por la provisión de electricidad requerida por el sincrotrón.

2. Negociar que el precio de la electricidad sea revisado en periodos de por lo menos 5 años (por ajustes de inflación).
3. Negociar que cualquier incremento en la electricidad sea notificado con 12 meses de anticipación.
4. Asegurar el suministro continuo y estable de electricidad para el sincrotrón
5. Asegurar tiempos respuesta mínimos para resolver problemas de suministro y calidad de la electricidad y problemas en la red de distribución.

14.3.4.9.2 Sistemas de control, procesamiento de datos salud ocupacional y seguridad

1. Desarrollar todos los sistemas de control, procesamiento de datos, seguridad y salud ocupacional que son necesarios para la correcta operación de un sincrotrón. Estos sistemas operan con un alto grado de refinamiento en Elektra, el Sincrotrón Australiano y el ALBA.

14.3.4.9.3 Beneficios a la población local

1. Negociar, en la medida de lo posible, que se incluya en el contrato de compra de servicios de electricidad, una reducción en el precio de la electricidad que sea suministrada a la población viviendo en los alrededores del Sincrotrón.
2. Negociar, en la medida de lo posible, la reducción en el precio de otros servicios de infraestructura suministrados a la población local (agua, gas acceso a vías de comunicación, teléfono, infraestructura de banda ancha-IT)
3. Identificar puestos de trabajo que puedan provenir de la población local.
4. Identificar los bienes y servicios que puedan ser adquiridos de los negocios locales.

5. Organizar “Días de visita” para que la población local y sus familiares visiten el sincrotrón.
6. Organizar la participación de los líderes del sincrotrón en eventos de gran importancia para la población local.
7. Organizar cursos de información sobre el sincrotrón para los estudiantes de las escuelas existentes en los alrededores de la instalación.
8. Crear una beca anual para que un estudiante de la población local estudie una carrera, una maestría, doctorado o postdoctorado relacionado con el sincrotrón.

14.3.4.9.4 Estructura de personal y nivel de salarios

1. Definir los sistemas de reclutamiento, selección, mantenimiento y capacitación de personal altamente preparado.
2. Definir la estructura salarial y de prestaciones del personal contratado consistente con los salarios y prestaciones de otros sincrotrones a nivel mundial.
3. Definir estructura organizativa, papel y responsabilidades de cada puesto de trabajos.
4. Definir el método y periodicidad de la evaluación de desempeño para cada puesto de trabajo.
5. Identificar los puestos permanentes y los de contrato por período fijo; estos últimos son relevantes sólo en la etapa de diseño o de construcción.
6. Identificar el proceso de equivalencia de puestos para el personal contratado permanentemente en cada fase (diseño, construcción, operación). Tres plantillas de personal.

7. Identificar el tipo y periodicidad de capacitación para el personal en cada uno de sus nuevos puestos de trabajo.

14.3.4.9.5 Licitaciones nacionales e internacionales

1. Crear una sección especializada en la parte administrativa para diseñar e implementar licitaciones nacionales e internacionales para la adquisición de equipo y/o servicios.

14.3.4.9.6 Diseño de sistemas de retroalimentación de servicios para la comunidad de usuarios

1. Diseñar un sistema de encuestas para evaluar la calidad de los servicios prestados por el sincrotrón a los usuarios.
2. Diseñar una base de datos sobre los usuarios del sincrotrón para desarrollar un perfil de usuarios, tipo de investigaciones realizadas

14.3.4.9.7 Diseño de sistemas para medir el desempeño interno y externo el sincrotrón

1. Definir los indicadores de desempeño interno siguiendo las mejores prácticas mundiales: porcentaje de tiempo en operación óptima por línea de experimentación y total, mantenimiento correctivo y preventivo, tiempo de recuperación ante una falla de operación, etcétera.

2. Definir los indicadores de desempeño externo siguiendo las mejores prácticas mundiales: publicaciones de alto impacto, premios internacionales y nacionales, colaboración académica, impacto económico, beneficio para el país, a la industria, a una empresa, etcétera.

14.3.4.9.8 Formación de equipos de expertos en áreas de alta especialización para optimizar el uso del sincrotrón

1. Formar un equipo de científicos y tecnólogos expertos que identifiquen y desarrollen tecnologías para la construcción de sensores con tecnología de punta.
2. Formar un equipo de científicos y tecnólogos expertos que identifique las técnicas de análisis por disciplina usadas con mayor éxito.
3. Formar un equipo de científicos y tecnólogos expertos que pueda interpretar los resultados emanados por cada experimento con una gran precisión y asesorar a los usuarios del sincrotrón.
4. Formar un equipo de administradores científicos que promuevan el uso del sincrotrón en la industria.
5. Preparar a un grupo de expertos legales que apoyen a los usuarios en áreas como la protección de la propiedad intelectual y la comercialización de productos y servicios.

Anexos

- 1 Abreviaciones
- 2 Imágenes, cuadros y gráficas
- 3 Lista de Sincrotrones operando en el mundo
- 4 Lista de investigaciones multidisciplinarias realizadas usando tecnología de luz de sincrotrón (40 casos)
- 5 Ley del Congreso brasileño sobre organizaciones sociales

ADN	Ácido desoxirribonucleico
AEG	Association of Environmental and Engineering Geologists
Alba	Nombre de sincrotrón Español
ALICE	A Large Ion Collider Experiment
ALS	Advanced Light Source (California)
ANL	Argonne National Laboratory
APS	Laboratorio Nacional de Argonne
ARPES	Angle-resolved photoemission spectroscopy
AstraZeneca	Compañía farmacéutica y de productos biológicos
BESAC	Basic Energy Sciences Advisory Committee
Bessy I	Nombre del primer sincrotrón Alemán
Bessy II	Nombre del segundo sincrotrón Alemán
BNL	Laboratorio Nacional de Brookhaven
BP	British Petroleum
BUAP	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
CANACINTRA	Cámara Nacional de la Industria de Transformación
CCE	Consejo Coordinador Empresarial
CD	Decisiones Críticas
CEMEX	Cementos Mexicanos
CERN	European Organization for Nuclear Research
CFN	Centro Funcional para Nano-materiales
CHESS	Cornell High Energy Synchrotron Source (USA)
CINVESTAV	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional
CLS	Canadian Light Source
CLS	Anillos de almacenamiento compactos
CMS	Compacto Muon Solenoide
CMU	Comunidad Mexicana de Usuarios del sincrotrón
Conacyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
COPARMEX	Confederación Patronal de la República Mexicana
DOE	Departamento de Energía
ESF	European Science Foundation
ESFRI	Foro de Estrategia Europeo sobre Infraestructura Científica
ESIME	Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
EUROFEL	Laser de electrones libres (proyecto europeo)
FDOA	Fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de la situación de un proyecto o empresa
FELs	Free Electron Lasers
Fermilab	Fermi National Accelerator Laboratory, Illinois
FLL	Fuentes de luz de las dimensiones de un laboratorio de escuela
FOMIX	Fondo Mixto para la Investigación (Conacyt)
GeV	Gigaelectronvolt
GFP	Green Fluorescent Protein
GSK	Glaxo Smith Kline (compañía farmacéutica)
H1N1	Subtipo del virus de la influenza

HHG	Generación de armónicos de alta frecuencia, por sus siglas en inglés.
ICI	Imperial Chemical Industries
IFUGo	Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato
IFUNAM	Instituto Nacional de Física
IMF	Fondo Monetario Internacional
ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
IPN	Instituto Politécnico Nacional
KEK	High Energy Accelerator Research Organization
LCLS-II	Fuente de Luz de Coherencia Linear
LHC	Large Hadron Collider
LINAC	Linear Particle Accelerator
LNLS	Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón (Brasil)
LPA	Laser-Plasma Acelerador
LS	La fuente de luz sincrotrón
MePAS	Primera Escuela Mexicana de Aceleradores de Partículas
MeV	Megaelectronvolts (1, 000,000 electronvolts)
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NIST	Instituto Nacional de Estándares y Tecnología
nm	Nanómetros
NSF	National Science Foundation
NSLS	National Synchrotron Light Source - Brookhaven National
NSRRC	National Synchrotron Radiation Research Center (Fuente de luz Taiwanés)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PEMEX	Petróleos Mexicanos
Pfizer	Corporación multinacional farmacéutica (USA)
PWFA	Plasma Wake-Field Acelerador
RGM	Red Global de Mexicanos Altamente Calificados en el Extranjero
SEP	Secretaría de Educación Pública
SESAME	Synchrotron-Light for Experimental Science and Applications in the Middle East
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público de México
Shell	Royal Dutch Shell
Sirius	Nombre de segundo sincrotrón de Brasil
SLAC	National Accelerator Laboratory
SNI	Sistema Nacional de Investigadores
SOLEIL	Nombre de sincrotrón francés
Spring8	Nombre de sincrotrón japonés
SRS	Nombre del primer sincrotrón inglés
SSRL	Stanford Synchrotron Radiation Lightsource
STEM	Acrónimo en referencia a las disciplinas académicas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.
STFC	El Consejo de Facilidades de Ciencia y Tecnología de Inglaterra
SWOT	Strengths-Fortalezas, Weaknesses-Debilidades, Opportunities-Oportunidades, y Threats-Amenazas
TLS	Taiwan Light Source

U. Iberoamericana	Universidad Iberoamericana, Ciudad de México
UMSNHU	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
Unileve	Empresa anglo-holandesa multinacional de bienes de consumo
YITP	Yukawa Institute for Theoretical Physics (Japón)

2 Imágenes, cuadros y gráficas

Imágenes

No.	Contenido	Página
I	Sincrotrón brasileño Sirius	27
II	Sincrotrones europeos de tercera generación	28
III	H. Pollock, R. Langmuir, F. Elder y A. Gurewitsch	30
IV	El electrón en el átomo	32
V	Luz de radiación de sincrotrón	35
VI	Magneto de sincrotrón	36
VII	Espectro electromagnético	38
VIII	Fuentes de luz sincrotrón de tamaño de laboratorio	49
IX	Portada del libro: Experiencia Mexicana en Aceleradores de Partículas	63
X	Primera reunión de usuarios mexicanos del sincrotrón	69
XI	Sincrotrón Alba	117
XII	Sincrotrón Sirius	117
XIII	Sincrotrón SESAME	118
XIV	Sincrotrón australiano	119

XV	Línea BM 25 ESFR	124
XVI	Comunidad de usuarios del Alba	125
XVII	Ubicación geográfica del Alba	128
XVIII	Terrenos reservados para el Alba	128
XIX	Encuesta de usuarios del Alba	134
XX	Sala principal del sincrotrón Alba	142
XXI	Inauguración del Alba	145
XXII	Estudio para un anillo de almacenamiento en México	150
XXIII	Cylon da Silva, Ricardo Rodríguez y Aldo Craievich	156
XXIV	Terreno del Sirius	182
XXV	Salón principal de las instalaciones del SESAME	209
XXVI	Ubicación geográfica del SESAME	212
XXVII	Ubicación geográfica de Elektra	212
XXVIII	Comunidad de usuarios del SESAME	225
XXIX	Ubicación geográfica del sincrotrón australiano	246
XXX	Comunidad de usuarios del sincrotrón australiano	248

Cuadros

No.	Contenido	Página
1	Reportes científicos Estados Unidos y Comunidad Europea	8-9
2	IMF World Economic Outlook, octubre 2014	10-11
3	Premios Nobel asociados al uso del sincrotrón	11
4	Sincrotrones en el mundo	25
5	IMF World Economic Outlook, Octubre 2014	26
6	Aplicación del sincrotrón en medicina	34
7	Aplicación del sincrotrón en energía	35
8	Longitudes de onda	39
9	Número de sincrotrones en operación	43
10	Sobredemanda de servicios líneas de experimentación sincrotrón	55
11	Procedencia de usuarios sincrotrón	56
12	Líneas de experimentación con mayor demanda	57
13	Disciplinas que usan el sincrotrón	57
14	Categoría de investigaciones llevadas a cabo en el sincrotrón	59
15	Crecimiento de usuarios de sincrotrón	60
16	Uso de aceleradores en México	64-65

17	Participación mexicana en experimentos usando aceleradores de partículas	68
18	Artículos publicados por investigadores mexicanos usuarios del sincrotrón	71
19	Laboratorios nacionales en los Estados Unidos	76
20	Premios Nobel Brookhaven/Stanford	77
21	Reportes científicos Estados Unidos y la Comunidad Europea	89
22	Indicadores del desempeño de sincrotrones / operación	92
23	Indicadores de desempeño / demanda de usuarios	96
24	Proporción de visitantes por nivel de estudios	97
25	Patentes e ingresos propios	97
26	Premios nobel asociados al sincrotrón	98
27	Beneficios económicos y sociales sincrotrón australiano	101
28	Cronología sincrotrón Alba	120
29	Resultados del estudio de análisis de impacto económico	127
30	Análisis FDOA del sincrotrón Alba	151
31	Cronología sincrotrón LNLS	152-153
32	Análisis FDOA del los sincrotrones LNLS y Sirius	203
33	Cronología del sincrotrón SESAME	205
34	Estatutos jurídicos del SESAME	212
35	Análisis FDOA del SESAME	228
36	Cronología del sincrotrón australiano	230

37	Análisis FDOA del sincrotrón australiano	251-252
38	Análisis FDOA transversal	254-260

Gráficas

No.	Contenido	Página
1	No. de Sincrotrones en operación	9
2	Longitudes de pulsos de haces de luz generados por sincrotrones de segunda y tercera generación	41
3	Longitudes de pulsos de haces de luz generados por sincrotrones de cuarta generación	41
4	Sincrotrones en operación	43
5	Ruta crítica para la construcción del Alba	139
6	Modelo de Gobierno del sincrotrón australiano	245

3 Lista de Sinclrotrones operando en mundo

No.	País	Nombre	Inicio de operaciones	Página de internet
1	Armenia	CANDLE	2017	http://candle.am/
2	Australia	AS	2007	http://www.synchrotron.org.au/
3	Brasil	LNLS	1997	http://lnls.cnpem.br/
4	Brasil	Sirius	2015	http://lnls.cnpem.br/sirius-new-brazilian-synchrotron-light-source/
5	Canadá	CLS	2005	http://www.lightsource.ca/
6	China	BSRF	1991	http://english.bsrif.ihep.cas.cn/
7	China	NSRL	1991	http://en.nsrl.ustc.edu.cn/
8	China	SSRF	2009	http://ssrf.sinap.ac.cn/english/
9	Dinamarca	ASTRID	1998	http://www.isa.au.dk/facilities/astrid/astrid.asp
10	Dinamarca	ASTRID2	2014	http://www.isa.au.dk/facilities/astrid2/astrid2.asp
11	Francia	ESRF	1992	http://www.esrf.eu/
12	Francia	SOLEIL	2007	http://www.synchrotron-soleil.fr/portal/page/portal/Accueil
13	Alemania	ANKA	2003	http://www.anka.kit.edu/28.php
14	Alemania	BESSY II	1998	http://www.helmholtz-berlin.de/index_en.html
15	Alemania	DELTA	1999	http://www.delta.tu-dortmund.de/cms/en/DELTA/index.html
16	Alemania	ELSA	1987	https://www-elsa.physik.uni-bonn.de/elsa-facility_en.html
17	Alemania	MLS	2008	https://www.ptb.de/mls/
18	Alemania	PETRA III	2009	http://photon-science.desy.de/facilities/petra_iii/index_eng.html
19	Alemania	PETRA II	1995	http://www.desy.de/index_eng.html
20	India	Indus 1	1999	http://www.cat.ernet.in/technology/accel/indus/index.html
21	India	Indus 2	2013	http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/425/7/072009/meta;jsessionid=830A6809D6EDA36028F426EAC36D46F4.c1
22	Irán	ILSF	2019	http://ilsf.ipm.ac.ir/
23	Japón	DAFNE	2001	https://web.infn.it/Dafne_Light/
24	Japón	ELETTRA	1993	https://www.elettra.trieste.it/
25	Japón	Aichi Synchrotron Radiation Center	2013	http://www.astf-kha.jp/synchrotron/en/
26	Japón	HISOR	2002	http://www.hsrc.hiroshima-u.ac.jp/english/index-e.htm
27	Japón	Photon Factory	1982	http://www2.kek.jp/imss/pf/eng/
28	Japón	Ritsumeikan University SR Center	1999	http://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/src/index.htm
29	Japón	Saga Light Source	2004	http://www.saga-ls.jp/
30	Japón	SPring-8	1997	http://www.spring8.or.jp/en/
31	Japón	Ultraviolet	1983	https://www.uvsor.ims.ac.jp/eng/

		Synchrotron Orbital Radiation Facility		
32	Jordania	SESAME	2015	http://www.sesame.org.jo/sesame/
33	Corea	Pohang Light Source	1995	http://pal.postech.ac.kr/paleng/
34	Rusia	DELSY	1999	http://www.info.jinr.ru/delsy/
35	Rusia	KSRS	1999	http://www.nrcki.ru/e/engl.html
36	Rusia	SSRC	2005	http://ssrc.inp.nsk.su/CKP/eng/
37	Rusia	TNK	1964	http://www.niihp.ru/page/sinhrotron
38	Singapur	SSLS	1999	http://ssls.nus.edu.sg/index.html
39	España	ALBA	2012	http://www.cells.es/es
40	Suecia	MAX I	1986	https://www.maxlab.lu.se/node/262
41	Suecia	MAX II	1996	https://www.maxlab.lu.se/node/277
42	Suecia	MAX III	2007	https://www.maxlab.lu.se/node/276
43	Suecia	MAX IV	2016	https://www.maxlab.lu.se/
44	Suiza	SLS	2001	http://www.psi.ch/sls/
45	Taiwán	NSRRC	1993	http://www.nsrcc.org.tw/
46	Taiwán	NSRRC (Photon Source)	2015	http://www.nsrcc.org.tw/
47	Tailandia	Synchrotron Light Research Institute	2004	http://www.slri.or.th/en/
48	Reino Unido	Diamond	2007	http://www.diamond.ac.uk/
49	Estados Unidos	Advanced Light Source	1993	http://www-als.lbl.gov/
50	Estados Unidos	Advanced Photon Source	1995	https://www1.aps.anl.gov/
51	Estados Unidos	Center for Advanced Microstructur es and Devices	2012	http://www.camd.lsu.edu/
52	Estados Unidos	Cornell High Energy Synchrotron Source	1999	http://www.chess.cornell.edu/
53	Estados Unidos	National Synchrotron Light Source II	2015	http://www0.bnl.gov/ps/
54	Estados Unidos	Stanford Synchrotron Radiation Lightsource	1974	http://www-ssrl.slac.stanford.edu/
55	Estados Unidos	Synchrotron Ultraviolet Radiation Facility	1961	http://www.nist.gov/pml/div685/grp07/surffacility.cfm
56	Estados Unidos	Fermilab (Photon Source)	1967	http://www.fnal.gov/
57	Alemania	BESSY (cerrado)	1981	http://www.helmholtz-berlin.de/zentrum/locations/historie/bessy/index_en.html

4 Lista de investigaciones multidisciplinarias realizadas usando tecnología de luz de sincrotrón (40 casos)

No.	DISCIPLINA	TÍTULO Y FECHA	TRADUCCIÓN	FUENTE
1	Astronomía	<p>Los meteoritos revelan la información de la génesis del Sistema Solar</p> <p>21 de enero del 2015</p>	<p>Un equipo de geólogos británicos ha desarrollado una nueva manera de aprender algo nuevo acerca de los primeros días de nuestro sistema solar.</p> <p>Los meteoritos son piezas fragmentadas de los asteroides que han caído a la Tierra, el ensayo de campo magnético del meteorito puede proporcionar información acerca de su asteroide padre. Los asteroides son tan antiguos como el propio sistema solar.</p> <p>El estudio de los objetos que se originaron hace unos 4,500 millones años puede informar a los científicos sobre el origen de nuestro propio planeta,.</p> <p>Los investigadores, utilizando el sincrotrón BESSY II en Helmholtz-Zentrum Berlín y del centro de investigación de materiales y energía, dispararon un potente haz de rayos X sobre un meteorito para capturar la información almacenada en las pequeñas regiones magnéticas de esta piedra.</p>	<p>http://blogs.voanews.com/science-world/2015/01/21/meteorite-reveals-early-solar-system-information-greenlands-ice-sheet-is-melting-smart-keyboard-adds-layer-of-cybersecurity/</p>
2	Antropología	<p>Técnica de Rayos X-rayos para leer los papiros quemados por el Vesubio</p>	<p>Por primera vez se han podido leer algunas palabras escritas en un papiro enrollado sepultado por el Monte Vesubio en el año 79.</p> <p>Los rollos de Herculano, la única biblioteca clásica en existencia, fueron destruidos por gas volcánico caliente que alcanzó los 300°C de temperatura; por lo que estos papiros son muy frágiles.</p> <p>Los físicos pudieron distinguir, muy adentro de un rollo, la tinta que</p>	<p>http://www.bbc.com/news/science-environment-30888767</p>

		20 de enero del 2015	<p>resaltaba sobre el papel. Utilizaron una técnica de imágenes de rayos X 3D.</p> <p>Al Dr. Mocella, un físico con conocimiento de fotónica, se le ocurrió esta idea durante una visita al sincrotrón europeo de Grenoble en Francia.</p> <p>Las imágenes de rayos X convencionales no pueden traspasar el tejido; por le contrario los rayos x producidos por un sincrotrón permiten producir una imagen muy detallada, 3D de su estructura interna.</p>	
3	Microbiología	<p>Midiendo las defensas bacteriales- Superbacterias</p> <p>19 de enero del 2015</p>	<p>Una foto instantánea de cómo las bacterias diseñan su armadura nos puede dar una nueva forma de combatir estas superbacterias.</p> <p>Los científicos se apresuran a encontrar nuevas de combatir las superbacterias. Actualmente el microbiólogo Chris Whitfield en la Universidad de Guelph y colaboradores en el Reino Unido han diseñado una estrategia para debilitar la armadura de lanzas de las bacterias.</p> <p>Esta es una idea que fue propuesta por primera vez en la década de los 1990, pero que necesitaba haces de alta intensidad, como los producidos por un sincrotrón, para que pudieran ser observados. El sincrotrón utiliza una técnica de dispersión de rayos X que permite entender mejor las diferentes formas que adoptan las proteínas.</p> <p>"Las tecnologías de la física están dando a la biología súper-poderes para redescubrirse a sí misma", dijo David Aragão, un cristalógrafo del Sincrotrón de Australia.</p>	https://cosmosmagazine.com/life-sciences/getting-measure-bacterial-defences
4	Energía solar	Conectándose	En el Instituto Masdar de Ciencia y Tecnología se puso en marcha un proyecto	http://www.natureasia.com/en/nmiddleeast/article/10.1038/nmid

		<p>con el Sol. El sueño solar de Masdar</p> <p>15 de enero del 2015</p>	<p>prometedor que tiene como objetivo identificar y abordar los obstáculos contra el aprovechamiento de la energía solar en la región de los emiratos pues la arena y el polvo son un gran impedimento para el uso óptimo de la energía solar en ese país.</p> <p>Están utilizando incidencia rasante de difracción de rayos x para entender cómo los cristales de las celdas solares están orientados a nivel nanoescala, también se analiza el grado de cristalinidad de los materiales.</p> <p>Buscan entender la relación entre las propiedades morfológicas y estructurales en la nanoescala y las propiedades opto- eléctricas macroscópicas de los dispositivos. Esto ayudará a lograr una mejor comprensión de la física detrás de los procesos de fabricación de las celdas y nuevas formas de mejorar la eficiencia de las células solares.</p> <p>Gran parte de este trabajo se está haciendo en la Instalación Europea de Radiación Sincrotrón en Grenoble, Francia.</p>	dleeast.2015.2
5	Entomología//Biomecánica	<p>Descubriendo la fuente de luz de las Luciérnagas</p> <p>17 de Diciembre del 2014</p>	<p>Las luciérnagas utilizan la luz parpadeando rápidamente para comunicarse. Este "bioluminiscencia" es un fenómeno interesante que tiene muchas aplicaciones potenciales, para probar la eficiencia de medicamentos, monitorear la contaminación del agua e incluso poder iluminar las calles utilizando árboles y plantas que brillan en la oscuridad. Las luciérnagas emiten luz cuando un compuesto llamado luciferina se descompone. Sabemos que esta reacción necesita oxígeno, pero lo que no sabemos es cómo las luciérnagas suministran el oxígeno a sus células emisoras de luz. El uso de técnicas sofisticadas para la</p>	<p>http://www.eurekalert.org/pub_releases/2014-12/epfd-utl121614.php</p>

			<p>captura de imágenes ha permitido identificar la forma de distribución de oxígeno de control luciérnagas para iluminar sus celdas.</p> <p>Giorgio Margaritondo de la EPFL, Yeukuang Hwu en la Academia Sinica y sus colegas de la Universidad Nacional Tsing Hua en Taiwán han utilizado con éxito dos técnicas de imagen sofisticadas para superar la complejidad de la linterna de la luciérnaga y trazar cómo el oxígeno se suministra a las células emisoras de luz. Las técnicas de fase Sincrotrón se llaman micro tomografía de contraste y microscopía de rayos X de transmisión. Estas pueden escanear hasta el nivel de una sola célula, incluso permitiendo a los investigadores a observar dentro de estas células.</p> <p>El estudio es el primero en mostrar la linterna de la luciérnaga en tanto detalle, mientras que también proporciona una clara evidencia de que está optimizada para la emisión de luz; esto lo sabemos gracias a las técnicas de análisis con luz de sincrotrón utilizadas por los científicos. Margaritondo señaló otra innovación: "Las técnicas que utilizamos tienen una ventaja sobre, por ejemplo, las técnicas convencionales de rayos X, los cuales no pueden distinguir fácilmente entre los tejidos blandos. Mediante el uso de un enfoque basado en los cambios en la intensidad de la luz (para contraste de fase) en oposición. a la absorción de la luz (rayos X), hemos sido capaces de lograr imágenes de alta resolución de la delicada linterna de la luciérnaga ".</p>	
6	Energía y cambio climático	La mayor parte del carbón estaría	Casi dos tercios de carbono de la Tierra pueden estar ocultos en el núcleo interno, por lo representaría la mayor reserva de carbono del planeta, según un nuevo modelo que incluso sus partidarios reconocen es "provocativo y	http://phys.org/news/2014-12-earth-carbon-hidden-planet-core.html#jCp

		almacenado en el centro de la tierra 1 de Diciembre del 2014	especulativo". "El modelo que apunta a un núcleo interno de carburo es compatible con las limitaciones cosmoquímicas, geoquímicas y petrológicas existentes, pero estas hipótesis que son provocativas y especulativas aún requiere más pruebas", dijo Li. "¿Si pasan varias pruebas, el modelo implicaría que hasta dos tercios del carbono del planeta se oculta en su esfera central, por lo que es el mayor reservorio de carbono en la Tierra." Se utilizaron técnicas de yunque de diamante celulares en combinación con un conjunto de métodos de sincrotrón avanzados, incluyendo la dispersión de resonancia nuclear inelástica de rayos X, espectroscopia de Mössbauer sincrotrón y espectroscopia de emisión de rayos-X.	
7	Medicina	Producción de isótopos médicos en el sincrotrón 17 de noviembre 2014	Los científicos de la Canadian Light Source han anunciado el primer envío de isótopos médicos producidos en su acelerador lineal. El Proyecto de isótopos médicos (MIP) instalado en el CLS es el primero de su tipo en el mundo, cuenta con poderosos rayos X para producir los isótopos, a diferencia de los métodos tradicionales basados en los reactores nucleares. El CEO de CLS, Rob Cordero, expreso que "Estamos muy contentos de estar produciendo isótopos médicos en este momento crítico de la historia y ser parte de un proyecto que satisfaga las necesidades de salud de muchos canadienses, ese es el elemento más gratificante."	http://phys.org/news/2014-11-synchrotron-shipment-medical-isotopes.html
8	Mineralogía	Roca especial ilumina aspectos de un	Una roca proveniente del espacio le está dando a los científicos la primera visión de un mineral que se piensa que es el mineral más abundante en la Tierra, pero que los investigadores no habían podido obtener una muestra natural,	http://www.livescience.com/48939-bridgmanite-mineral-meteorite.html

		<p>mineral abundante en la tierra</p> <p>27 de noviembre, 2014</p>	<p>hasta ahora.</p> <p>Este descubrimiento podría arrojar luz sobre la estructura y dinámica interna de la Tierra, así como la historia temprana del Sistema Solar, de acuerdo con el nuevo estudio.</p> <p>El mineral es una versión de alta densidad de silicato de hierro de magnesio. Es el mineral más abundante en la Tierra, y representa alrededor del 38 % del volumen del planeta. Pero es sólo estable a altas presiones y temperaturas, por lo que durante décadas, los investigadores sólo había visto versiones generadas en un laboratorio.</p> <p>En intentos anteriores para encontrar “bridgmanite” en los meteoritos, los investigadores a menudo utilizan microscopios electrónicos. Sin embargo, esta estrategia consiste en sondear las rocas con haces de electrones que pueden convertir bridgmanite al vidrio.</p> <p>En cambio, de manera innovadora, Tschauner y sus colegas usaron rayos X de alta energía proveniente de un sincrotrón, una tipo de acelerador de partículas. Estos rayos X intensos hacen poco daño a la bridgmanite, ayudando así a los científicos comprobar su composición y estructura cristalina.</p>	
9	Física	<p>Uniando dos técnicas: la de STM con la de rayos X microscópicos</p>	<p>Durante las últimas tres décadas, la microscopía de efecto túnel (STM) se ha convertido rápidamente en un componente importante de la caja de herramientas de la física de la materia condensada. Mientras STM puede proporcionar grandes cantidades de datos sobre las propiedades electrónicas, estructurales y magnéticas de los materiales con resolución atómica, su talón de</p>	<p>http://phys.org/news/2014-11-good-stm-combined-x-ray-synchrotron.html#jCp</p>

		<p>del sincrotrón</p> <p>12 de noviembre del 2014</p>	<p>Aquí es su incapacidad para caracterizar especies elementales. Pero un equipo del Laboratorio Nacional de Argonne y de la Universidad Ohio ha encontrado una manera de evitar esta limitación mediante la combinación de STM con la versatilidad de espectroscopia de rayos X de sincrotrón, el logro de la huella dactilar química de grupos de níquel individuales sobre una superficie de cobre con una resolución de 2nm.</p> <p>El sincrotrón es una potente y versátil herramienta de imagen a nivel nanoescala que promete usos potenciales en los campos de materiales y de las ciencias biológicas.</p> <p>Incluso en su forma actual, las técnicas mostradas aquí pueden revolucionar imágenes a nanoescala en los reinos más allá de la ciencia de materiales, incluyendo la electrónica y la biología. Al superar las limitaciones inherentes tanto de STM y microscopía de rayos X, este nuevo trabajo también ha combinado los puntos fuertes de cada uno para crear una herramienta de imagen potente y versátil con una promesa emocionante y potencial.</p>	
10	Química	<p>Los rayos X marcan la estructura molecular X</p> <p>31 de octubre 2014</p>	<p>Con los rayos X se pueden estudiar desde monocristales a polvos e incluso proteínas, hay un difractor para cada estructura, como lo descubrió Elisabeth Jeffries.</p> <p>Los científicos habían sido derrotados por una imperfección del chocolate en 2006, decidieron utilizar el mejor haz de luz que pudieron encontrar, el sincrotrón europeo, para penetrar en su esencia.</p> <p>Para entender por qué el chocolate cristaliza en una flor blanquecina en clima caliente, necesitaron trabajar fuera de la estructura cristalina de esta sustancia</p>	<p>http://www.rsc.org/chemistryworld/2014/10/x-ray-diffractometer-product-guide</p>

			<p>grasosa. En la mayoría de los casos, los científicos compran difractómetros de rayos X que utilizan en sus propios laboratorios, éstos no son muy potentes y por eso los rayos X golpean la muestra, cuyos átomos esparcen los haces de luz. El Sincrotrón Europeo está en Francia, es una máquina de producción de luz de rayos X del tamaño de un estadio y es uno de los haces más brillantes que los emplean científicos para examinar las moléculas más difíciles y complejas, para ello usan la técnica de la cristalografía que permite que los científicos produzcan una imagen tridimensional de la estructura atómica del cristal.</p>	
11	Avance de materiales (cerámicas)	<p>Cómo las cerámicas llegan a super-resistentes</p> <p>9 de octubre del 2014</p>	<p>Los investigadores han identificado un mecanismo, previamente desconocido, que crea una especie rara de cerámica súper resistente. Los hallazgos podrían mostrar una manera de crear cerámicas súper duras y super-resistentes para aplicaciones industriales, de acuerdo al equipo científico de DESY Dr. Nori Nishiyama, reporta la revista <i>Scientific Reports</i>.</p> <p>Los investigadores estudiaron un material llamado stishovita, una versión rara de sílice que se forma en condiciones de alta presión, por ejemplo, en los impactos de meteoritos y en el interior de la tierra por debajo de unos 300 kilómetros de profundidad. Stishovita es una cerámica del grupo de óxido. "Es el óxido más duro conocido hasta la fecha, aún más duro que el rubí o zafiro", dice Nishiyama. Por otra parte, la cerámica en general puede ser muy dura, pero también tiende a ser muy frágil, rompiéndose fácilmente. Su fragilidad ha impedido a la stishovite ser utilizada industrialmente.</p> <p>Con una inteligente combinación de microscopía electrónica y de rayos X, investigaciones en la fuente de luz de sincrotrón de DESY PETRA III (P02.1</p>	<p>http://www.desy.de/news/@@news-view?id=9201</p>

			línea de luz) y en la fuente de luz de sincrotrón japonés SPring-8 , los investigadores ahora pueden identificar un mecanismo que hace que la stishovita nanocristalina sea excepcionalmente resistente.	
12	Limpieza Química	<p>Por un mundo más productivo y una vida más limpia</p> <p>4 de octubre del 2014</p>	<p>Un trabajo que fue llevado a cabo hace 10 años para encontrar una manera de tratar el agua contaminada en las bases militares colocó a la vanguardia a los científicos australianos en los esfuerzos mundiales para combatir las toxinas sospechosas de ser cancerígenas.</p> <p>El agua que contiene los productos químicos, que han sido sintetizados por décadas para actividades como la espuma usada en la lucha contra incendios, había sido recogida de sitios de entrenamiento en las instalaciones militares.</p> <p>Hay un creciente temor sobre la acción de los químicos perfluorados, que son persistentes en el medio ambiente y se acumulan en el tejido humano, dice Naidu. Las toxinas son sospechosos agentes carcinógenos, dice, y los científicos de todo el mundo han estado compitiendo para encontrar una manera de limpiar el agua y el suelo contaminado.</p> <p>Un equipo dirigido por Alex Johnson, de la Universidad de Melbourne, ha avanzado con un poderoso instrumento el Sincrotrón de Australia, en Melbourne, lo que permite a los científicos determinar la distribución de los elementos en las plantas con alta sensibilidad.</p>	http://www.theaustralian.com.au/innovationchallenge/finalists-work-for-a-cleaner-and-more-productive-life/story-fnj8cuex-1227078808061?nk=c6e05bf9235bf7956e1cd97232435beb
13	Contaminación ambiental	<p>Las toxinas absorbidas por los plásticos están</p>	<p>La contaminación de plástico está teniendo un mayor impacto sobre las aves marinas de lo que se pensaba anteriormente.</p> <p>La vida marina puede, potencialmente, ahogarse con los plásticos, pero además de esto, los investigadores del centro australiano para la Ciencia Nuclear y</p>	http://www.abc.net.au/news/2014-09-26/toxins-from-ingested-plastic-impacting-seabirds-experts-say/5768346

		<p>impactando en la salud de las aves marinas</p> <p>26 septiembre del 2014</p>	<p>Tecnología han declarado que además de esto, las toxinas absorbidas por el plástico se transfieren al animal que lo ingiere.</p> <p>Los plásticos recogidos se utilizan para investigar el impacto de los contaminantes en la vida marina y la cadena alimentaria. El Profesor Banati dijo que ANSTO tiene datos que sugieren que las aves que han comido grandes cantidades de plástico muestran signos de alteración de la salud, mutaciones biológicas y problemas de fertilidad.</p> <p>El científico indico que los plásticos son altamente absorbentes de metales pesados como el plomo, mercurio y arsénico, los que hacen que el plástico adquiera un grado altamente tóxico.</p> <p>La investigación sugiere que cuando un pájaro come el plástico, en lugar de simplemente quedarse en el estómago de las aves, este se degrada.</p> <p>(Plumas de aves observadas en el Sincrotrón en Melbourne, las imágenes muestran la composición química de las muestras de plástico.)</p>	
14	Paleontología	<p>Escaneos 3-D nos ayudan a revelar los secretos de los animales extintos</p> <p>19 de</p>	<p>Lo que Rachel Racicot quería hacer era mirar un fósil. Como estudiante graduada de paleontología en la Universidad Estatal de San Diego, Racicot había programado un tiempo con un escáner CT de un hospital local. Ella iba a examinar una mandíbula de marsopa de 3 millones de años de edad, las imágenes resultantes revelaron una marsopa diferente a cualquier otra conocida hasta el día de hoy. En otros lugares, los científicos que utilizan el software de animación han reactivado digitalmente un antiguo arácnido depredador que</p>	<p>https://www.sciencenews.org/article/3-d-scans-reveal-secrets-extinct-creatures</p>

		septiembre del 2014	<p>caminó en el planeta cientos de millones de años atrás.</p> <p>El paleontólogo John Cunningham, también en la Universidad de Bristol, envía regularmente sus fósiles más valiosos por paquete y vuela con ellos para realizar experimentos en la Fuente de luz en Villigen, Suiza. Esta máquina es un sincrotrón, que acelera los electrones a casi la velocidad de la luz. Los electrones acelerados emiten radiación incluyendo rayos X, que normalmente se utilizan para explorar cuestiones de la física, ciencia de los materiales y la química. A diferencia de los escáneres de TC, que aunque también utilizan rayos X éstos tienen diversas longitudes de onda; los sincrotrones pueden producir rayos X de una sola longitud de onda. Ese nivel de control permite a los científicos manipular la exploración mucho más precisa y coaxial a cabo detalle de incluso las estructuras más escondidas dentro de la roca.</p>	
15	Arqueología/Antropología	<p>Investigadores descubren la química detrás del arte indígena antiguo</p> <p>8 septiembre del 2014</p>	<p>Investigadores de la Universidad Tecnológica de Sydney (UTS) están trabajando con los arqueólogos, antropólogos y comunidad de Jawoyn del Territorio del Norte de Australia para analizar químicamente el arte rupestre antiguo y descubrir sus secretos.</p> <p>La profesora asociada Barbara Stuart y la estudiante de doctorado Alejandría Hunt están aplicando técnicas sofisticadas para entender los materiales utilizados por los artistas y cómo su trabajo ha cambiado con el tiempo.</p> <p>La química y la arqueología no son una pareja habitual, la profesora Stuart dijo que la química juega un papel importante en la comprensión de los sitios arqueológicos.</p> <p>El estudio difiere de los análisis de sitios indígenas anteriores, ya que analiza la</p>	<p>http://phys.org/news/2014-09-uncover-chemistry-ancient-indigenous-art.html</p>

			<p>forma en que los pigmentos cambian con el tiempo debido a los procesos biológicos.</p> <p>"Tradicionalmente estos estudios han sido más sobre el análisis elemental, mientras que nosotros estamos mirando técnicas más sofisticadas para comprender la totalidad de la estructura de la pintura y los pigmentos y observando los cambios químicos en el tiempo", dijo la profesor Stuart.</p> <p>Para obtener datos complejos de las muestras de "Alexandria" utiliza el haz de infrarrojos en el Sincrotrón de Australia en Melbourne, que proporciona una fuente de luz de gran alcance que permite que las pequeñas muestras puedan ser examinadas con precisión; agregó que este tipo de estudio es posible gracias a los avances en la tecnología.</p>	
16	Inmunología	<p>El sincrotrón ayuda a encontrar una cura para la fibrosis quística</p> <p>29 agosto 2014</p>	<p>Investigadores de la Universidad de Saskatchewan, Canadá, trabajan en el Sincrotrón Canadiense (CLS) y han desarrollado una nueva técnica de imagen que revela un componente del sistema inmunológico de los pulmones que hasta ahora era desconocido. Es un descubrimiento que podría beneficiar a los pacientes que luchan contra la fibrosis quística que es un trastorno genético autosómico recesivo causado por mutaciones en el gen que codifica el canal "anión" regulador de la conductancia transmembrana de la fibrosis quística (CFTR).</p> <p>Los coautores dicen que este estudio proporciona la primera demostración de que la inhalación de bacterias desencadena la secreción de líquido de la superficie de las vías respiratorias.. Ellos sugieren que esta respuesta a</p>	<p>http://cysticfibrosisnewstoday.com/2014/08/29/cool-synchrotron-device-advancing-cystic-fibrosis-research/</p>

			<p>patógenos inhalados es un elemento importante, pero hasta ahora desconocido de la respuesta inmune innata del cuerpo que falta en los pacientes con FQ, lo que resulta en la reducción de las propiedades bactericidas y facilita la infección.</p> <p>Los sincrotrones se utilizan para investigar la estructura de la materia y analizar una serie de características físicas, químicas, geológicas y procesos biológicos. La información obtenida por los científicos puede ser utilizada para ayudar a diseñar nuevos fármacos, examinar la estructura de las superficies con el fin de desarrollar los aceites para motores más eficaces, construir más poderosos chips de computadora, desarrollar nuevos materiales para implantes médicos más seguros, y ayudar a limpiar los desechos de la minería etc.</p>	
17	Autenticación de Obras de Arte	<p>Arte forense: autenticación de piezas de arte</p> <p>19 agosto 2014</p>	<p>El valor de una obra de arte puede variar enormemente si su procedencia puede ser establecida; cada vez más, la ciencia viene a la ayuda de los curadores para demostrar su origen.</p> <p>Científicos del Sincrotrón australiano ayudaron a que los conservadores de arte de la Biblioteca del Estado de Nueva Gales del Sur (SLNSW) para determinar la procedencia de una serie de dibujos exquisitamente detallados, sin firmar, dibujos científico de aves y flores que se remontan a los años inmediatamente posteriores a la llegada de la Primera Flota (1778).</p> <p>Se cree que los dibujos fueron hechos en Australia, pero el intrincado trabajo con hoja de oro era raramente practicado en acuarelas europeas y así que había la duda si estos dibujos eran copias realizadas en otro país como la India.</p> <p>Debido a su naturaleza delicada de los dibujos no se pueden tocar, por lo que el</p>	<p>http://www.labonline.com.au/articles/69278-Forensic-provenance-the-science-of-art-authentication</p>

			<p>sincrotrón representa una excelente oportunidad de examinar el detalle fino de los dibujos pues utiliza una técnica sincrotrón no destructiva que puede mapear qué elementos (como oro, cobre, zinc y hierro) están presentes en una muestra, junto con sus localizaciones y forma química.</p> <p>Mediante la determinación de la composición de la hoja de oro y los otros pigmentos minerales finamente molidos que se habían utilizado para crear los dibujos, se esperaba esclarecer la identidad o la nacionalidad de los artistas.</p>	
18	Taxonomía y paleontología	<p>Técnicas de imágenes ayudan a reconstruir la fauna antigua</p> <p>12 de Agosto del 2014</p>	<p>Un documento que sintetizaba un estudio de 20 años en la microfauna del periodo último del Devónico Ordovícico ha revelado nuevos datos histológicos y ha ayudado a realizar reconstrucciones taxonómicas y paleográficas.</p> <p>Los científicos aplicaron tomografía micro-computarizada y tomográficos de sincrotrón avanzados en un intento de reconstruir la historia de los arrecifes y comprender a sus habitantes naturales, incluyendo a las rocas y los peces.</p> <p>La anatomía blanda ya no es un misterio, la reconstrucción de la anatomía blanda de animales extintos era hasta hace poco muy difícil, los paleontólogos dependían de la interpretación de las cicatrices musculares para predecir la colocación de los músculos.</p> <p>Sin embargo, el avance de la tecnología de sincrotrón ha permitido a los científicos el revelar la presencia de fibras extrínsecas que indican los puntos de alineación muscular.</p> <p>Los avances de las técnicas tomográficas han, por primera vez, proporcionado una histología no destructiva de una sección de las placas dérmicas.</p>	<p>http://sciencewa.net.au/topics/technology-a-innovation/item/3002-imaging-techniques-help-rebuild-ancient-fauna/3002-imaging-techniques-help-rebuild-ancient-fauna</p>

19	Astronomía	<p>Capturan el polvo de las estrellas: Los científicos podrían haber encontrado las partes originales de nuestro Sistema Solar</p> <p>14 de agosto del 2014</p>	<p>Los científicos de UC Berkeley anunciaron que posiblemente han identificado, en las muestras recogidas por una sonda de la NASA, partículas de materia interestelar, las primeras muestras de "polvo de estrellas" de más allá de nuestro sistema solar.</p> <p>La obtención de las motas de polvo que ha sido todo un logro de la capacidad técnica demostrada en la extracción de la infinitesimal a lo infinito.</p> <p>Pequeñas muestras fueros estraidas del aerogel muy cuidadosamente con una aguja controlada por computadora y fueron enviadas al Lawrence Berkeley National Laboratory, donde se analizaron mediante un microscopio de rayos X de transmisión de escaneo en la fuente de luz avanzada de una línea de luz de sincrotrón. Esto ayudó a determinar la composición química de las muestras y descartar cualquier trozos de aluminio, que no puede encontrarse de forma natural en el polvo de estrellas y que se habría desprendido de la propia sonda por otros impactos.</p> <p>En general, el equipo de equipo de Berkeley cree que ha identificado la evidencia de tres partículas probables de polvo de estrellas. Otro equipo en el Laboratorio de Investigación Naval observó la hoja que había rodeado el aerogel y encontró cuatro posibles salpicaduras de polvo de estrellas.</p>	<p>http://alumni.berkeley.edu/california-magazine/just-in/2014-08-14/stardust-captured-scientists-likely-find-first-bits-beyond</p>
20	Paleontología	<p>Disección virtual podría descubrir los secretos escondidos en</p>	<p>Los huevos de dinosaurio encontrado en Montana in 2002 se encuentran completamente intactos, nunca han sido "virtualmente" diseccionados. El trabajo colaborativo a nivel internacional une a Mississippi y a Gales, este verano juntos pueden descubrir los secretos guardados en el interior de los huevos.</p>	<p>http://www.msstate.edu/web/media/detail.php?id=6724</p>

		<p>los huevos de dinosaurio</p> <p>22 Julio 2014</p>	<p>John Paul Jones, de la Universidad Estatal de Mississippi está de visita en el Reino Unido para utilizar el escáner de muy alta resolución de rayos X 3D en Oxfordshire como parte de una colaboración con Amgueddfa Cymru - Museo Nacional de Gales.</p> <p>Jones asegurar enfáticamente que nada ni nadie dañaran los huevos fosilizados que han sobrevivido intactos durante millones de años.</p> <p>Con la tecnología de sincrotrón conseguirán la imagen que permitirá hacer un modelo: "Vamos a conseguir una réplica tridimensional de los huesos", dijo Jones, y agregó que espera que las imágenes de sincrotrón, especialmente del cráneo y de la pelvis, tendrán un buen detalle y que eso debería permitirle hacer la identificación nítida de los huevos de dinosaurio.</p>	
21	Arqueología	<p>Un cráneo de la edad de bronce revela los secreto de una sociedad antigua</p> <p>1 de julio, 2014</p>	<p>A diferencia de la mayoría de las sociedades de cazadores-recolectores de la Edad del Bronce, el pueblo de la región de Baikal de Siberia moderna (Rusia) respetaba a sus muertos con tumbas formales.</p> <p>Estos sitios de entierro son un tesoro para los arqueólogos, un espécimen en particular es tan único que la bioarqueóloga Angela Lieverse viajó por todo el mundo sólo para traerlo a la fuente de luz de Sincrotrón de Canadá para su análisis detallado.</p> <p>El ejemplar fue encontrado en un cementerio marcado al noroeste del lago Baikal. El esqueleto fue enterrado ceremoniosamente con un disco de nefrita y cuatro puntas de flecha, una de las cuales estaba rota y se encontraba en la cuenca del ojo.</p> <p>El Biomedical Imaging y Terapia (BMIT) línea de luz en el CLS es una</p>	<p>http://www.heritagedaily.com/2014/07/siberian-bronze-age-skull-reveals-secrets-of-ancient-society/103922</p>

			<p>instalación única en donde las muestras como ésta pueden ser examinadas usando una potente luz de rayos X.</p> <p>Trabajando juntos el Dr. David Cooper, de la Cátedra canadiense para la creación de imágenes de hueso usando el sincrotrón, Isaac Pratt, el Dr. George Belev y el personal científico del BMIT fueron capaces de reconstruir el fragmento de punta de flecha de la mandíbula utilizando técnicas avanzadas de imagen.</p>	
22	Medicina	<p>Una proteína de “dos caras” podría ayudar a combatir la diabetes tipo 1.</p> <p>26 de Junio del 2014</p>	<p>El descubrimiento de la doble personalidad de una proteína podría ayudar a desarrollar una vacuna para la diabetes tipo 1.</p> <p>El descubrimiento de que una proteína en el cerebro y el páncreas cambia de forma cuando ésta se apaga es el primer paso hacia el desarrollo de mejores fármacos o una vacuna para tratar la condición.</p> <p>El profesor asociado Ashley Buckle de la Universidad de Monash dijo que la proteína GAD65 se ha relacionado previamente con la diabetes tipo 1 debido a que el cuerpo produce anticuerpos contra la proteína.</p> <p>Los nuevos resultados, publicados en la revista PNAS, muestran cómo el cuerpo interactúa con la proteína de manera diferente, dependiendo de si la proteína está encendida o apagada.</p> <p>El profesor Buckle dijo explicó que la proteína se había utilizado en los ensayos clínicos de una vacuna para proteger contra la diabetes tipo 1: "La idea es inmunizar a un individuo con GAD65 para ayudar al sistema inmunológico a desarrollar una tolerancia en contra de ella, para detener o al menos amortiguar</p>	<p>http://www.heraldsun.com.au/news/twofaced-protein-may-aid-the-fight-against-type-1-diabetes/story-fni0fiyv-1226968078948</p>

			<p>la reacción inmune” es un buen avance, dijo.</p> <p>Hasta ahora, los ensayos no han tenido éxito, pero dijo que su investigación podría cambiar eso.</p> <p>Ahora van a analizar cómo la proteína interactúa con un anticuerpo humano.</p> <p>La investigación utilizó el Sincrotrón de Australia y supercomputadoras masivas en la Iniciativa de las ciencias computación de la vida de Victoria (VLSCI).</p>	
23	Biociencia molecular	<p>Hasta que la muerte nos alcance: en el mundo de la flora</p> <p>22 de abril 2014</p>	<p>Un importante estudio de la Universidad de Queensland ha descrito el último acto de sacrificio y supervivencia en el mundo de las plantas.</p> <p>La investigación ha dado luz sobre cómo el sistema inmune de la planta proporciona resistencia contra las enfermedades comunes de las plantas y ha sido publicado en <i>Science</i>.</p> <p>Dr. Williams explicó que “Cuando estas proteínas son perturbadas por una infección, la célula infectada muere lo que permite la inmunidad de toda la planta”.</p> <p>El profesor Kobe. comentó que es de vital importancia que entendamos cómo funcionan los sistemas inmunes de la plantas debido a que las enfermedades de las plantas antes de la cosecha representan hasta el 15% de la pérdida de cultivos cada año, Para ayudar a la comprensión de las interacciones de las plantas, los científicos utilizan en el Sincrotrón de Australia, con técnicas de cristalografía de rayos X para determinar las estructuras de proteínas, consiguiendo una resolución casi atómica, agregó el profesor de Kobe.</p>	<p>http://www.uq.edu.au/news/article/2014/04/til'-death-do-us-part--plant-world</p>

24	Arqueología	<p>Las momias en Chile revelan signos de envenenamiento por arsénico</p> <p>15 de abril, 2014</p>	<p>Una investigación reciente sugiere que los habitantes de un pueblo entre las numerosas civilizaciones precolombinas en el norte de Chile, incluyendo los Incas y la cultura Chinchorro, sufrían de envenenamiento crónico por arsénico debido al consumo de agua contaminada.</p> <p>Análisis previos mostraron altas concentraciones de arsénico en las muestras de cabello de momias tanto del altiplano como de las culturas costeras de la región. Sin embargo, los investigadores no pudieron determinar si las personas habían ingerido el arsénico o si el elemento tóxico se había esparcido en el pelo de las momias después de que fueron enterradas.</p> <p>La Dra. Kakoulli y sus colegas tomaron imágenes de la muestras de cabello usando un microscopio electrónico de barrido de muy alta resolución. También sometieron las muestras a diferentes ensayos realizados en la fuente de luz de sincrotrón —un acelerador de partículas de gran tamaño que analiza los materiales con intenso haz de rayos X— en el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley en California, lo que les permitió conocer la distribución de los elementos y los minerales en el cabello.</p>	<p>http://www.livescience.com/44838-chilean-mummies-show-arsenic-poisoning.html</p>
25	Ciencia de conservación del arte	<p>Cómo las ilusiones ópticas nos ayudan a restaura piezas de arte</p>	<p>Ciencia para el arte llama la atención.</p> <p>La ciencia de la conservación ha llegado al escenario principal de la ciencia para estar al lado de otras disciplinas más tradicionales como la física, la química, la ciencia de materiales, la ingeniería y la biología. En febrero pasado, durante la reunión anual de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia se observó una creciente curiosidad, donde dos simposios separados atrajeron audiencias importantes.</p>	<p>http://www.gizmodo.com.au/2014/04/how-optical-illusions-help-restore-art/</p>

		5 de abril 2014	<p>Los presentadores en estos eventos dieron pláticas sobre cómo están utilizando métodos avanzados para analizar y ayudar a proteger el arte de los elementos y el tiempo. El primero de los dos presentadores hizo un llamado a los investigadores a utilizar sus habilidades en esta área en una sesión llamada "La ciencia al servicio del arte":</p> <p>Otros ponentes hablaron de la utilización de fluorescencia de rayos X para caracterizar los materiales que componen las ilustraciones. Volker Rose físico del Argonne National Lab utiliza un acelerador de partículas sincrotrón para discernir nanoscópicamente los materiales de pintura utilizados por Pablo Picasso.</p>	
26	Astronomía	<p>Siguiendo la historia violenta del universo usando un barómetro cósmico</p> <p>Abril 2, 2014</p>	<p>Los geólogos son capaces de rastrear la historia de nuestro planeta mediante el estudio de la composición y otras propiedades únicas de las capas de roca sedimentaria. Pueden identificar períodos de glaciación, cambio climático global, inclusive cambios de polaridad magnética. En pocas palabras, es una forma inteligente que los investigadores pueden utilizar para revelar los acontecimientos más importantes en la historia de nuestro mundo.</p> <p>Los astrónomos del Imperial College de Londres han llevado este concepto a una escala cósmica. Al observar un tipo específico de hidrocarburo aromático, llamado dimetilnaftaleno, los investigadores están en condiciones de investigar los hechos violentos ocurridos en la historia de nuestro universo.</p> <p>El equipo investigó cómo el dimetilnaftaleno se adapta a diferentes temperaturas y presiones. Mediante la colocación de una muestra —no más ancha que el grueso de un cabello humano— en un aparato de vacío el equipo</p>	<p>http://www.redorbit.com/news/space/1113110671/universe-violent-past-cosmic-barometer-040214/#gtG81XiyAeuO4j24.99</p>

			<p>fue capaz de variar la presión a través del hidrocarburo. Cuando aplicaron presión, utilizaron una luz infrarroja de una fuente de sincrotrón para mapear cómo la estructura molecular cambia y se transforma.</p> <p>Con estos datos, en combinación con la información sobre la mineralogía y química de las muestras, el equipo puede correlacionar la estructura de los dimetilnaftalenos con las presiones y temperaturas que se han experimentado en el espacio.</p>	
27	Energía/Química	<p>El camino a la fotosíntesis artificial</p> <p>22 enero 2014</p>	<p>Los científicos del Centro Helmholtz de Materiales y Energía en colaboración con la Escuela de Química y el Centro ARC de Excelencia para Electromateriales y Ciencia de la Universidad de Monash, en Australia, han caracterizado detalladamente estados electrónicos de un catalizador de manganeso. El catalizador es capaz de convertir la luz en energía química.</p> <p>Si la luz del sol, sin esfuerzo, se puede convertir en energía química, nuestros problemas de energía sería una cosa del pasado. Las plantas verdes han desarrollado un tipo especial de mecanismo para ayudarles a hacer precisamente eso: la fotosíntesis, el proceso por el cual las plantas absorben la luz solar y, con su ayuda, producen sustancias de alta energía como el azúcar a partir de agua y dióxido de carbono. Pero las moléculas situadas en el llamado "centro de la evolución de oxígeno" que facilitan esta serie de pasos dentro de una célula de planta son muy complejas y sensibles. Una misión actual de los científicos es simular este proceso en un laboratorio y optimizarlo para la producción de energía comercial.</p> <p>Munirah Khan, de la Freie Universität Berlin, responsable de los experimentos</p>	<p>http://phys.org/news/2015-01-path-artificial-photosynthesis.html#jCp</p>

			comentó que "El siguiente paso consistió en averiguar cuál de los posibles complejos de manganeso en nafion produce los mejores óxidos de manganeso", dice la investigadora que estudió la formación de óxidos de manganeso y su efecto catalítica usando fuente de luz de rayos X en BESSY II, de radiación de Sincrotrón de la HZB.	
28	Volcanología	Los secretos de los supervolcanes revelados por el sincrotrón 15 de enero, 2014	<p>El riesgo de la erupción de un supervolcán está casi enteramente asociado con la presión del magma y no necesita de detonadores externos, de acuerdo a estudios de rayos X de sincrotrón geoquímicos realizados por científicos de Europa y Japón.</p> <p>Un super volcán se define como una formación geológica que puede producir más de 1000 kilómetros cúbicos de material expulsados en una erupción; esto es tres órdenes de magnitud mayor que el volumen de material expulsado de los volcanes de la talla del Etna en Sicilia, Eyjafjallajökull en Islandia y el volcán de Montserrat Soufrière Hills, que a su vez generan erupciones con consecuencias devastadoras. Hay sólo unos pocos súper volcanes en la Tierra, pero la lava y ceniza lanzada en una erupción podría cubrir un continente, y tal vez desencadenar una mini-edad de hielo mediante la reducción de la cantidad de luz solar que llega a la Tierra; la erupción de un súper volcán es un fenómenos geológicos que podrían generar la extinción de la vida en el planeta.</p> <p>Dado su impacto potencial sobre el medio ambiente y la vida, los investigadores en las ciencias de la tierra están muy interesados en entender el comportamiento de súper volcanes con mayor detalle para que puedan de una manera más precisa avisar a la población sobre la probabilidad de una erupción inminente.</p>	http://www.spectroscopynow.com/details/ezone/1438ca87ae9/Super-volcano-Self-control-revealed-by-synchrotron.html?&tzcheck=1

29	Medicina	Nuevos descubrimientos en el combate contra la malaria 2014	<p>Una colaboración entre la Universidad de Monash, la Universidad de Tecnología de Sydney, y la Universidad de Queensland ha sentado las bases de una nueva clase de medicamentos contra la malaria, con la ayuda de las técnicas de cristalografía de proteínas disponibles en el Sincrotrón de Australia.</p> <p>El trabajo es parte de los esfuerzos internacionales para erradicar el parásito de la malaria que infecta a más de 500 millones de personas en todo el mundo cada año y mata a más de un millón, muchos de ellos niños.</p> <p>El equipo formado por el Dr Sheena McGowan, Dr Corrine Porter y el profesor James Whisstock del ARC Centre of Excellence in Structural and Functional Microbial Genomics de la Universidad de Monash utilizó el Sincrotrón para obtener estructuras de cristal de alta resolución de una enzima de la malaria en su estado natural que es clave y está unida a los inhibidores potenciales.</p> <p>Su trabajo ha revelado características dentro del sitio activo de la enzima; este hallazgo hará que los esfuerzos principales se enfoquen en el desarrollo de una clase nueva de tratamientos antimaláricos.</p>	http://www.synchrotron.org.au/news/publications/case-studies/australian-synchrotron-stories/363-new-malaria-breakthrough
30	Ciencias Forensicas	Análisis de sincrotrón para identificar la pintura para efectos forenses	<p>El uso de técnicas estadísticas para interpretar la información química ha jugado un papel clave en el desarrollo de un modelo más preciso para el análisis forense de la pintura del coche.</p> <p>Un estudio realizado por el Departamento de Química de la Universidad de Curtin, en conjunto con el ChemCentre, aplica la espectroscopia de infrarrojos en el aparejo de pintura de 75 vehículos utilizando el Sincrotrón de Australia.</p> <p>El coautor del estudio, el profesor Simón Lewis, afirma que el método podría</p>	http://www.sciencewa.net.au/topics/technology-a-innovation/item/2565-synchrotron-analysis-pinpoints-paint-for-forensics.html/2565-synchrotron-analysis-pinpoints-paint-for-forensics.html

		26 noviembre 2013	<p>ayudar a mejorar las investigaciones de tipo hit-and-run.</p> <p>"Desde el punto de vista forense, se puede ver lo útil que podría ser si usted tiene una muestra de aparejo de pintura de un "hit-and-run" que se pueda analizar para identificar el modelo del automóvil envuelto en este evento y ser capaz de decir 'Estamos buscando un Mitsubishi y es probablemente uno fabricado en la planta de Nagoya "'.</p>	
31	Enología (Vino)	<p>Los científicos del Vino cosechan respuestas del sincrotrón</p> <p>24 septiembre 2013</p>	<p>Científicos de la ciudad de Victoria están utilizando el Sincrotrón de Australia para ayudar con una investigación que es líder de su tipo en el mundo, para medir el impacto de taninos de la uva en vino.</p> <p>Investigadores del Departamento de Medio Ambiente e Industrias Primarias están trabajando actualmente en el sincrotrón como parte de este proyecto.</p> <p>Los científicos de DEPI Mildura son uno de los muchos grupos de todo el mundo que tratan de entender mejor los taninos, la forma en que impactan en el sabor del vino y cómo interactúan con los otros componentes del mismo.</p> <p>Mark Downey, Gerente de Investigación de la Planta de Ciencias de la Producción, dijo que "Esta investigación es muy importante para la industria del vino, ya que nos permitirá desarrollar herramientas para viticultores y bodegueros para gestionar la cantidad de tanino en las uvas y, posteriormente, en el vino".</p> <p>"Una parte de esta investigación consiste en obtener un mayor entendimiento de la medida en que los taninos son solubles por lo que nuestros científicos están utilizando el sincrotrón."</p>	<p>http://www.winebiz.com.au/dwn/details.asp?ID=12501</p>

32	Alimentos/ Gastronomía Gastronomía	Los alimentos en el siglo de Asia, incrementarán las oportunidades de Australia y su impacto 28 junio 2013	Victoria es el mayor exportador de alimentos del país con gran potencial para el expandir su mercado en los países asiáticos donde el aumento de los ingresos y las presiones de tiempo estimulan una fuerte demanda de productos alimenticios de alta calidad. Los presentadores y participantes analizaron las tendencias en el sector de la alimentación, conexiones exitosas entre ciencias de la alimentación y la industria, las oportunidades para las empresas locales para asociarse con marcas globales, y cómo las empresas de Victoria pueden ganar o aumentar su mercado en la región asiática. David Cookson, responsable de la línea de luz Ciencia y Operaciones en el Sincrotrón de Australia, proporcionó varios ejemplos interesantes de cómo las técnicas de sincrotrón se pueden aplicar en ciencia de los alimentos, incluyendo el mapeo de los rastros de los elementos en los granos de trigo y arroz, y aprender cómo aumentar el contenido de selenio de brócoli. Su mensaje principal para las empresas alimentarias y los investigadores es que el sincrotrón tiene una amplia gama de técnicas disponibles para ayudar a los científicos de alimentos.	http://www.synchrotron.org.au/features/industry-and-commercial-users/food-in-the-asian-century
33	Medicina/Virus	Diamond ilumina aspectos de los bloques básicos de la vida 17 febrero	La instalación de sincrotrón nacional del Reino Unido, Diamond Light Source, es ahora el primer y único lugar de Europa donde los patógenos que requieren un nivel de contención 3 —incluyendo virus graves, como los responsables de SIDA, hepatitis y algunos tipos de gripe— pueden ser analizados al nivel de escala atómica y molecular usando la luz de sincrotrón. Esta luz especial permite a los científicos estudiar las estructuras de virus con altos niveles de detalle y esta nueva instalación extiende esta capacidad de análisis a muchos virus que tienen un importante impacto global sobre la salud humana y animal.	http://www.diamond.ac.uk/Home/News/LatestNews/17_02_13.html

		2013	El estudio de los patógenos de esta manera tiene el potencial de abrir nuevas vías para el desarrollo de tratamientos terapéuticos y vacunas.	
34	Entomología	Donde hay abejas hay miel (inclusive prehistórica) 15 mayo 2012	<p>El ámbar del depósitos del Cretácico (110 a 105 millones de años) encontrados en el norte de España ha revelado el primer registro de la polinización por insectos. Los científicos han descubierto varios ejemplares de insectos diminutos cubiertos con granos de polen en dos piezas de ámbar, muestra el primer registro de transporte de polen y el comportamiento social en este grupo de animales. Los resultados se publicaron en las Actas de la Academia Nacional de la Ciencia (PNAS), con fecha 14 a 18 de mayo de 2012.</p> <p>El equipo internacional de científicos está formado por: Enrique Peñalver y Eduardo Barrón del Instituto Geológico y Minero de España en Madrid; Xavier Delclòs de la Universidad de Barcelona; Andre y Patricia Nel del Museo Nacional de Historia Natural en París; Conrad Labandeira de la Smithsonian Institution, Washington DC; y Carmen Soriano y Paul Tafforeau de la Instalación Europea de Radiación Síncrotrón (ESRF) en Grenoble, Francia. Las muestras de ámbar forman parte de la colección del Museo de Ciencias Naturales de Álava (España).</p> <p>Dos piezas de ámbar revelaron seis especímenes fosilizados de “tripas de hembra” con cientos de granos de polen adheridos a sus cuerpos. Estos insectos presentan pelos altamente especializados con una estructura anillada para aumentar su capacidad de recoger los granos de polen, muy similares a las de los polinizadores conocidos como las abejas domésticas. Los científicos describieron estos seis especímenes como un nuevo género (<i>Gymnopollistrips</i>)</p>	http://www.esrf.eu/news/general/pollination/index_html

			que comprende dos nuevas especies, G. menores y G. principales.	
35	Arte – Identificación de pinturas “escondidas”	Streeton, Da Vinci y la ciencia para descubrir los secretos de los artistas 12 abril 2012	<p>Gracias a los avances tecnológicos y el análisis de un autorretrato del pintor Arthur Streeton hemos conseguido vincular el arte y la ciencia de una manera fascinante.</p> <p>Históricamente, los artistas han sabido reciclar lienzos pintando encima de sus obras de arte para ahorrar dinero. Hasta los primeros años del siglo XX, esto lo hacían a menudo cubriendo el lienzo con la pintura hecha de plomo blanco.</p> <p>Lo que estamos tratando de hacer es usar la tecnología de rayos X para mirar a través de la pintura con plomo y ver la obra que se puso por primera vez en un lienzo.</p> <p>Uno de los puntos fuertes de la espectroscopia de fluorescencia de rayos X (que se pueden realizar en los sincrotrones y es conocido por ello como Sincrotrón XRF) de imagen es su capacidad para revelar la distribución de los pigmentos de pinceladas subyacentes.</p> <p>La técnica caracteriza a una amplia gama de pigmentos, identificando los diferentes pigmentos que fueron los favoritos del artista, o que entraron en uso por los artistas en momentos concretos de la historia, se puede indicar en última instancia, la procedencia y la atribución.</p>	http://theconversation.com/streeton-da-vinci-and-the-science-of-seeing-arts-secrets-6343
36	Arqueología	Los rayos X encuentran respuestas del plumaje prehistórico	Un equipo internacional de científicos ha ideado una manera de trabajar el color y el patrón de plumas preservadas en fósiles. La nueva técnica utiliza haces de rayos X de sincrotrón para penetrar los fósiles para determinar su composición molecular y un mapa de la distribución de cobre y otros metales de color que	http://sciencelearn.org.nz/News-Events/Latest-News/News-Archive/2011-News-archive/X-rays-shed-light-on-prehistoric-plumage

		julio del 2011	<p>influyen.</p> <p>Durante décadas, los científicos han descubierto fósiles bien conservados de los primeros pájaros y los dinosaurios emplumados. Hace unos años, algunos de estos hallazgos notables llegaron a Nueva Zelanda desde China como parte de una exposición de dinosaurios al museo Te Papa. Incluso el observador no entrenado podía ver claramente las plumas y debajo de ellas —como impresiones que dejan los fósiles en las rocas, de bestias extrañas y maravillosas— como las especies de terópodos. Hasta ahora, sólo hemos tenido un conocimiento rudimentario de la coloración de tales plumajes.</p>	
37	Arqueología	<p>El Sincrotrón analiza las perlas egipcias</p> <p>18 Mayo, 2010</p>	<p>No contento con la administración del hogar aparentemente la mujer en el antiguo Egipto también mantenía el presupuesto en “negro” con un poco de fabricación doméstica.</p> <p>Esa es la conclusión de un equipo australiano que ha analizado, mediante el uso de los sincrotrones, la turquesa sintética que fue popular durante el reinado del faraón Akenatón alrededor de 1300BC.</p> <p>Eccleston dice que debido a que las mujeres hicieron esta obra en la casa, él cree que estas industrias de tipo hogareña se llevaba a cabo incluso por las mujeres y los niños.</p> <p>Entre la evidencia encontrada está la que apunta a que una serie de artefactos hechos de loza que se han encontrado en los patios de la casa.</p> <p>Eccleston también demostró que puede ser loza 'cocinada' en casa, usando un horno de pan réplica de 13,00BC para duplicar esta técnica.</p>	<p>http://www.abc.net.au/science/articles/2010/05/18/2902688.htm</p>

38	Arqueología	<p>Las plumas de Archaeopteryx y la química de huesos es revelada por el sincrotrón</p> <p>mayo 2010</p>	<p>Los especímenes de Archaeopteryx son fósiles importantes pero extremadamente raros de encontrar. Debido a su poder como reptiles (mandíbulas con dientes, cola ósea larga) y sus características como aves (alas emplumadas), el Archaeopteryx ha sido crucial en el desarrollo de la evolución darwiniana.</p> <p>A pesar de su importancia, no hay muestra de Archaeopteryx que se haya analizado químicamente. Esto en gran parte se puede explicar por los obstáculos analíticos que impiden la aplicación de métodos estándar a dichos especímenes valiosos; el muestreo destructivo no es una opción y la mayoría de los métodos no destructivos, no puede manejar muestras de gran tamaño.</p> <p>Nos dieron acceso a quizás a un espécimen mejor conservado de Archaeopteryx fuera de los diez que se conocen, y se superaron los problemas inherentes en el análisis mediante la aplicación de rayos X de Sincrotrón rápida Registro-Imágenes de fluorescencia. La técnica SRS-XRF es una herramienta única y poderosa disponible en</p> <p>SSRL, porque fue construido para escanear y registrar los datos electrónicos del espécimen simultáneamente.</p> <p>El aspecto más famoso del Archaeopteryx es que ha conservado la estructura de las plumas. Se había supuesto, hasta ahora, que estos eran simplemente impresiones de plumas y de la química original de esta de los tejidos. Mediante la exploración de la matriz junto con el fósil, mostramos que el fósforo y el azufre que están distribuidos en las regiones del ala, son controlados por la estructura biológica del organismo, de tal manera que los ejes de plumas</p>	<p>https://www-ssl.slac.stanford.edu/research/highlights_archive/archaeopteryx.pdf</p>
----	-------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

			(raquis) son todavía visibles y parcialmente conservados. Estos resultados muestran la potencia del método SRS-XRF para resolver cuestiones referentes a fósiles ya que puede producir resultados claros a partir de tejido blando con 150 millones años de edad, así como el de la más degradable parte de resistente material óseo.	
39	Nano toxicología	Nuevos métodos para la nano toxicología usando el sincrotrón (artículo académico) septiembre 2010	Nano toxicología, una nueva rama de bionciencia se ocupa del estudio y la aplicación de los efectos tóxicos o biológicos de los nanomateriales o nanoestructuras, y su objetivo es llenar las lagunas en nuestro conocimiento de las interacciones entre nano y biosistemas. Sin embargo, el progreso en esta nueva disciplina se basa en gran medida en el desarrollo de una metodología para caracterizar los nanomateriales en muestras biológicas, cuantificar las nanopartículas en sistemas vivos, y estudiar su absorción, transporte, biodistribución, la ubicación y el estado químico in vitro e in vivo. Las técnicas basadas en la radiación de sincrotrón proporcionan un medio potente para la caracterización de los comportamientos tóxicos o biológicos de las nanopartículas en los sistemas biológicos.	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20526771
40	Medicina	Descubrimientos en el sincrotrón nos acercan a encontrar la solución del Cáncer	El primer ministro, John Brumby, anunció hoy que los científicos que usan el Sincrotrón de Australiano han logrado un avance de imágenes médicas que podrían conducir al desarrollo de nuevos tratamientos contra el cáncer, Científicos de la Walter y Eliza Hall Institute of Medical Research (WEHI) han observado por primera vez cómo se invierte el 'interruptor de suicidio "molecular que regula la vida de las células normales. Al ver el mecanismo real, los investigadores ahora pueden desarrollar nuevos medicamentos y tratamientos que desconectan efectivamente el interruptor 'suicidio celular' de	http://www.majorprojects.vic.gov.au/synchrotron-breakthrough-takes-science-closer-to-new-cancer-treatments/

		24 septiembre 2007	<p>nuevo, permitiendo a las células infectadas a morir y detener la enfermedad en su evolución usual.</p> <p>Innovation Minister Gavin Jennings dijo que "Tú Sincrotrón ayudará a fomentar la innovación en las ciencias de la vida y tecnologías físicas", pues "Como hemos visto hoy, ayudará a los científicos a producir mejores imágenes médicas, el desarrollo de nuevos medicamentos y seguirá estando a la vanguardia de la investigación médica". El sincrotrón permitirá también exámenes forenses más precisos, producir chips de computadora más poderosos, encontrar nuevas formas de extraer metales a partir de minerales, producir materiales de construcción más fuertes y monitorear la contaminación.</p>	
--	--	-----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

5 Ley del congreso brasileño sobre organizaciones sociales

Presidencia de la República Casa Civil

Subjefatura de Asuntos Jurídicos LEY N 9637 de 15 de mayo de 1998. Conversión de MPV N ° 1.648-7, 1998 Provee para la calificación de entidades como las organizaciones sociales, la creación del Programa Nacional de la publicitación extinción de los organismos y entidades que menciona y absorción sus actividades por parte de las organizaciones sociales, y proporciona otra medidas.

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA Sé que el Congreso Nacional decreta y yo sanciono la siguiente Ley:

CAPÍTULO I

DE ORGANIZACIONES SOCIALES

Sección I

Calificación

Art. 1 El Poder Ejecutivo podrá calificar como organizaciones sociales, entidades jurídicas de derecho privado sin ánimo de lucro, cuya acción se dirige hacia la educación, la investigación científica, el desarrollo tecnológico, protección y preservación del medio ambiente, la cultura y la salud, cumplen los requisitos de la presente ley.

Art. 2 son requisitos específicos para las entidades privadas a que se refiere el artículo anterior es permitir calificación como organización social:

I - Que acredite el registro de su acta constitutiva, que prevé:

- a) La naturaleza de sus objetivos sociales relacionados con su ámbito de competencia.
- b) Sin fines de lucro, con la obligación de invertir sus fondos excedentes en desarrollo de las actividades propias.
- c) Se indique expresamente que la entidad tiene, como órganos de una resolución más alta y la dirección, una junta de administración y un consejo establecido en virtud de La ley, garantizado a la composición y responsabilidades el control normativo y básico proporcionado por la presente Ley.
- d) La predicción de la participación en el cuerpo colectivo de mayor resolución, los representantes del Gobierno y de miembros de la comunidad, la capacidad profesional y notoria integridad moral.
- e) La composición y funciones de la Junta.
- f) La publicación anual obligatoria en el Boletín Oficial de la información financiera y el informe la ejecución del contrato de gestión.
- g) En el caso de asociación civil, la aceptación de nuevos miembros en la forma de la ley.
- h) Prohibir el suministro de bienes o parte de la equidad, en todo caso, incluyendo razón del despido, remoción o muerte de un miembro o asociado de la entidad.
- i) La predicción de la plena incorporación de la herencia, legado o donación que se han diseñado y como el superávit financiero de sus actividades en el caso de rescisión o descalificación, el activos de otra organización calificada social dentro de la Unión en la misma zona, o la propiedad la Unión, los Estados, el Distrito Federal y los municipios, y la proporción de recursos asignados a estos bienes; L9637 10/12/14, 10:48

II – Ser aprobado, como la conveniencia y oportunidad de su clasificación como una organización social, Ministro titular o supervisor o regulador del área de actividad correspondiente a su propósito y Ministro de Administración Federal y Reforma del Estado.

Sección II

Junta Directiva

Art. 3 El Consejo de Administración estará estructurada de conformidad con las disposiciones de un instrumento jurídico de aplicación, observado, a los efectos de cumplir con los requisitos de calificación, los siguientes criterios básicos:

I - Consisten en:

- a) 20 a 40% (veinte al cuarenta por ciento) de los miembros naturales representantes del gobierno, que se define situación de la entidad.
- b) 20 a 30% (veinte a treinta por ciento) de los miembros representantes naturales de la sociedad civil, definido por la ley.
- c) Al 10% (diez por ciento), en el caso de asociación civil, los miembros elegidos de entre los miembros o asociados.
- d) Del 10 al 30% (diez a treinta por ciento) de los miembros elegidos por los otros miembros del Consejo, entre las personas notablemente reconocido profesional y moral capacidad permanente.

e) Al 10% (diez por ciento) de los miembros designados o elegidos según lo dispuesto por la ley.

II - Los miembros elegidos o designados a la Junta debe tener mandato de cuatro años, un admitió renovación.

III - Los representantes de las entidades mencionadas en los apartados "a" y "b" del punto que debería coincidir con más de 50% (cincuenta por ciento) del Consejo.

IV - La primera mitad del mandato de los miembros elegidos o designados será de dos años, de acuerdo con los criterios establecidos en el estatuto.

V - El líder de la organización deben asistir a las reuniones del consejo sin derecho a voto.

VI - El Consejo se reunirá ordinariamente por lo menos tres veces al año y, extraordinariamente, la cualquier momento.

VII - Los directores no deben recibir remuneración por servicios, en esta condición, para proporcionar la organización social, sin perjuicio de la indemnización por cada reunión a participar.

VIII - Los directores elegidos o designados para formar parte del consejo de la entidad, debe renunciar a la toma funciones ejecutivas.

Art. 4 A los efectos del cumplimiento de los requisitos de calificación será deberes exclusivos de la Junta Administración, entre otros:

I - Para establecer el alcance de la actividad de la entidad, para lograr su propósito.

II - Aprobar el contrato de gestión propuesto de la entidad.

III - Aprobar el proyecto de presupuesto de la entidad y el programa de inversión.

IV - Nombrar y separar a los miembros de la junta directiva.

V - Establecer la remuneración de los consejeros; L9637 10/12/14, 10:48

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9637.htm Página 3 de 7

VI - Aprobar y disponer la modificación de los estatutos y la extinción de la entidad por una mayoría de al menos dos tercios de sus miembros.

VII - Aprobar los estatutos de la entidad, que debe tener por lo menos sobre la estructura, la forma puestos de dirección y sus respectivas responsabilidades.

VIII - Aprobado por una mayoría de al menos dos tercios de sus miembros, la autorregulación que contiene el procedimientos que deben adoptar para la contratación de obras, servicios, adquisiciones y desinversiones y el plan de empleo, salarios y beneficios de los empleados de la entidad.

IX - Aprobar y transmita al órgano de control de la ejecución del contrato de gestión, informes de gestión y actividades de la entidad, preparada por la administración.

X –A controlar el cumplimiento de las directrices y metas establecidas y aprobación de los estados financieros y la contabilidad y las cuentas anuales de la entidad, con la ayuda de la auditoría externa.

Sección III

El Contrato de Gestión

Art. 5 A los efectos de esta Ley, el plazo del instrumento contrato de gestión firmado entre el gobierno y la entidad calificada como una organización social, con miras a la formación de asociación entre las partes para promover y ejecución de las actividades relacionadas con las áreas enumeradas en el art. Primero.

Art. 6 El contrato de gestión elaborado por acuerdo entre la agencia o de vigilancia y la organización social, discriminar las funciones, responsabilidades y obligaciones del gobierno y la organización social.

Parágrafo único. El contrato de gestión debe ser presentada después de la aprobación por el Consejo de Administración de entidad, la autoridad supervisora Ministro de Estado de la zona correspondiente a la actividad promovida.

Art. 7 ° En el desarrollo del contrato de gestión, los principios de legalidad, se deben observar imparcialidad, moralidad, publicidad, economía, y también los siguientes preceptos:

I - La especificación del programa de trabajo propuesto por la organización social, la estipulación de metas a ser logrado y los plazos para su ejecución, así como una disposición expresa de criterios objetivos para la evaluación rendimiento para ser utilizado por los indicadores de calidad y productividad.

II - La estipulación de límites y criterios para los gastos de compensación y beneficios de cualquier tipo a ser percibida por los gerentes y empleados de las organizaciones sociales, en el ejercicio de sus funciones. Parágrafo único. Los ministros de las autoridades de supervisión del Estado en el área de operaciones de la entidad deben establecer las demás cláusulas de los contratos de gestión que son signatarios.

Sección IV

Ejecución y Seguimiento del Acuerdo de Gestión

Art. 8 La implementación del contrato de gestión de la organización social será objeto de seguimiento por la agencia o autoridad de control de la zona correspondiente a la realización de la actividad promovida.

§ 1 La entidad habilitada deberá presentar a la agencia o entidad del supervisor de Gobierno firmado el contrato al final de cada año o en cualquier momento, tal como recomienda el informe de interés público pertinente para la ejecución del contrato de gestión, que contiene la comparación específica de las metas propuestas con resultados obtenidos, acompañado de la disposición correspondiente de cuentas de años financieros.

§ 2 Los resultados obtenidos con la aplicación del contrato de gestión deben ser revisados periódicamente por Comité de Evaluación, designado por la autoridad de control de la zona correspondiente, compuesto por expertos capacidad notoria y cualificación adecuada.

L9637 10/12/14, 10:48 http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9637.htm Página 4 de 7

§ 3 El Comité presentará a la autoridad informe concluyente de supervisión en esta evaluación.

Art. 9 de los responsables de la supervisión de la ejecución del contrato de gestión, al enterarse de cualquier irregularidad o ilegalidad en el uso de los recursos o bienes públicos aumentan en la organización social, informará al Tribunal de Cuentas, sin perjuicio de la responsabilidad solidaria.

Art. 10 Sin perjuicio de la medida en que se refiere el artículo anterior, así como requerir la gravedad de los hechos o interés público, habiendo fundado pruebas de malversación de bienes o recursos de fuentes públicas, la responsable del seguimiento representará al Ministerio Público, la Procuraduría General o el Fiscal autoridad para requerir la adjudicación tribunal competente de la propiedad personal de la entidad y la el secuestro de los bienes de sus dirigentes, así como agente público o de terceros, que pueden haber enriquecido o ilegalmente causado daños a la propiedad pública.

§ La primera orden de secuestro será procesado de acuerdo con las disposiciones de las artes. 822 y 825 del Código de Procedimiento Civil.

§ 2 En su caso, la solicitud incluirá la investigación, el examen y el bloqueo de activos, cuentas bancarias e inversiones mantenidas por el acusado en el país y en el extranjero, de conformidad con la ley y los tratados internacionales.

§ Al final de la tercera acción, el Gobierno se mantendrá como custodio y administrador de los bienes y activos secuestrados o no disponibles y garantizar la continuidad de las actividades sociales de la entidad.

Sección V

Las Actividades Sociales Fomento

Arte. 11. Entidades calificadas como organizaciones sociales se declaran como entidades de interés social y los servicios públicos, a todos los efectos legales.

Arte. A las 12 organizaciones sociales pueden ser necesarios recursos presupuestarios y bienes públicos para la el cumplimiento del contrato de gestión.

§ 1 Tienen derecho a las organizaciones sociales los fondos reservados en el presupuesto y sus lanzamientos financiera, de acuerdo con el cronograma de desembolsos previsto en el contrato de gestión.

§ 2 Se pueden añadir a los créditos presupuestarios asignados para financiar la parte del contrato de gestión recursos asignados para compensar la parada del servidor, ya que existe la necesidad de justificación expresado organización social.

§ 3 Las mercancías contempladas en el presente artículo se destinarán a organizaciones sociales, haciendo una oferta renunciado por el permiso para usar, dependiendo cláusula expresa en el contrato de gestión.

Arte. 13. Pública autorizada para utilizar los bienes muebles pueden ser cambiados por otros de igual o mayor valor, acondicionado para los nuevos productos incorporan la equidad Federal.

Parágrafo único. El intercambio de este artículo depende de la evaluación previa del pozo, y expresó autorización del Gobierno.

Arte. Del 14 y el Poder Ejecutivo la asignación especial de las organizaciones sociales de servidor, con embargos al origen.

§ 1 No se construirá con los sueldos o retribuciones de cualquier ventaja servidor de origen cedido dinero que será pagado por la organización social.

§ 2 No pago de la ventaja pecuniaria será permitido para el servidor de la organización social permanente, asignado con recursos del contrato de gestión, salvo en el caso de adicional para el año función temporal de la dirección y asesoramiento.

L9637 10/12/14, 10:48

§ 3 El servidor asignado cuenta de las ventajas de la posición de hacer eso juz el órgano de origen, cuando el ocupante posición de primer o segundo nivel de organización social.

Art. 15 son extensibles dentro de la Unión, los efectos de los arts. 11:12, § 3, a las entidades habilitadas organizaciones sociales como los Estados, el Distrito Federal y los municipios, cuando hay reciprocidad y siempre que la legislación local no contraviene las disposiciones de esta Ley y la legislación específica en el ámbito federal.

Sección VI

Descalificación de

Arte. 16. Ejecutivo podrá proceder a la descalificación de la entidad como organización social, cuando incumplimiento observada con las disposiciones contenidas en el contrato de gestión.

§ La primera descalificación será precedido por un proceso administrativo, garantizado el derecho a la defensa jurídica, respondiendo a los líderes de la organización social, individual y solidariamente, por los daños derivados su acción o inacción.

§ 2 La inversión de la descalificación materia valores permitidos de los bienes entregados y el uso de organización social, sin perjuicio de otras sanciones aplicables.

CAPÍTULO II

DISPOSICIONES FINALES Y TRANSITORIAS

Arte. 17. Organización social publicará, dentro de los noventa días a partir de la firma del contrato gestión, normativas específicas que contienen los procedimientos a adoptar para la contratación de obras y servicios, así como para ir de compras con el uso de los recursos por parte del gobierno.

Arte. 18. Organización social que absorben actividades de la entidad federal difuntos dentro del área de la salud deberían considerar el contrato de gestión, en cuanto a la atención comunitaria, los principios del Sistema Único de Salud, expresada en el arte. 198 de la Constitución Federal y el arte. 7 de la Ley n ° 8080 de 19 de septiembre de 1990.

Arte. 19a entidades que absorben las actividades de radio y televisión pueden recibir recursos educativos y vehiculares entidades institucionales de publicidad de derecho público o privado, a modo de apoyo cultural, asumiendo la patrocinio de programas, eventos y proyectos, prohibió el anuncio pagado servir y otras prácticas que configurar la comercialización de sus rangos. (Reglamento)

Art. 20 Se creará por decreto del Poder Ejecutivo, el Programa Nacional de publicitación - PNP, con la objetivo de establecer directrices y criterios para la calificación de las organizaciones sociales, a fin de garantizar actividades de absorción de los órganos u organismos de la Unión públicas, actuando en las actividades a que se refiere en el arte. En primer lugar, por las organizaciones sociales, habilitadas de acuerdo con esta Ley, con sujeción a las siguientes pautas:

I - Énfasis en el servicio al ciudadano-cliente.

II - Énfasis en los resultados, cualitativa y cuantitativa de conformidad con los plazos acordados.

III - El control social de las acciones de una manera transparente.

Art. 21 La Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón, parte de la estructura del Consejo Nacional se han extinguido Desarrollo Científico y Tecnológico - CNPq, y Roquette Pinto Fundación, entidad vinculada a la Presidencia de República.

§ Primero corresponde al Ministerio de Administración Federal y Reforma del Estado a supervisar el proceso de Inventario del Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón, a cargo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnológico - CNPq, y llevará a Roquette Pinto Fundación.

§ 2 En el curso del proceso de inventario, y Roquette Pinto Fundación hasta la firma del contrato de gestión, la continuidad de las actividades sociales estará bajo la supervisión de la Secretaría de Comunicación Social de la Presidencia de República.

L9637 10/12/14, 10:48

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9637.htm Página 6 de 7

§ 3 Se autoriza a calificar como organizaciones sociales, en virtud de este Ejecutivo Ley, las personas deber legal privada especificada en el anexo I, así como para permitir la absorción de las actividades realizadas entidades terminados por este artículo.

§ 4 Las demandas que Roquette Pinto Fundación es parte, demandante o demandado, será transferido a la Unión como sucesor, siendo representados por el Procurador General de la Unión.

Arte. Extinciones 22 y la absorción de las actividades y servicios de las organizaciones sociales de esta Ley observar los siguientes principios:

I - Los miembros de la plantilla permanente de los organismos y entidades de los servidores extintos he garantizado todos los derechos y beneficios derivados de su cargo o empleo e integrar marco en peligro en órganos o las entidades enumeradas en el anexo.

II – Y se proporcionan a las agencias y supervisores, a su discreción, único, la asignación de servidor para este irresistible, con el costo en aumento, la organización social que puede absorber las actividades correspondientes, observando la §§ 1 y 2 del arte. 14.

II - La desactivación de las unidades se llevará a cabo por el inventario extinto de su propiedad y su , colecciones documentales físicos y materiales, así como los contratos y acuerdos, con la adopción de medidas destinadas a el mantenimiento y la continuación de las actividades de responsabilidad social de estas unidades, de acuerdo con la legislación aplicable en cada caso.

III - Los recursos y los ingresos del presupuesto de cualquier naturaleza, destinado a las unidades extintas, será utilizado en el inventario de procesos y el mantenimiento y la financiación de actividades sociales hasta la firma del contrato de gestión.

IV - Cuando sea necesario, la participación de los fondos del presupuesto se puede reprogramar a través de un crédito especial que se enviará al Congreso, al cuerpo o de supervisión de los contratos de gestión, para fomentar actividades sociales, aseguraron la liberación periódica de su desembolso económico para la organización social.

V - Cerrado los procesos de inventario, puestos permanentes vacantes en comisión y se considerará extinto.

VI - La organización social que ha absorbido los poderes de las unidades extintas pueden adoptar los símbolos estos designadores siguieron identificación de "OS".

§ 1 La captación de las organizaciones sociales de las actividades de las unidades extintas llevará hasta por la firma del contrato de gestión, en la forma de las artes. 6 y 7.

§ 2 Se pueden añadir a las dotaciones presupuestarias indicadas en el inciso IV porción de los ingresos de los ahorros en gastos incurridos por la Unión con los cargos y funciones en las unidades encargadas existentes extinto.

Art. 23. Está autorizado a disponer de los bienes y los servidores Roquette Pinto Fundación del Ejecutivo Estatal Maranhão al Gobierno de dicho Estado.

Art. 23a. Servidores procedentes de extinguirse Roquette Pinto Fundación y el Territorio Federal desaparecida Fernando de Noronha se puede redistribuir o transferir a los organismos y entidades del gobierno Federal, con independencia de lo dispuesto en el inciso II del art. 37 y en la primera parte del art. 93 de la Ley No. 8112 de 11 de diciembre de 1990, proporcionados todos los derechos y beneficios, incluyendo el pago de la gratuidad rendimiento o productividad sin cambiar la escala de posición o salario. (Incluido por la Medida No. Provisional 479, 2009)

Parágrafo único. Las disposiciones de la parte introductoria se aplican a los servidores que se asignan bajo Parte I del art. 22 y art. 23 de esta ley. (Incluido por la Medida Provisoria N ° 479 de 2009)

Art. 23a. Servidores procedentes de extinguirse Roquette Pinto Fundación y el Territorio Federal desaparecida Fernando de Noronha se puede redistribuir o transferir a

los organismos y entidades del gobierno Federal, con independencia de lo dispuesto en el inciso II del art. 37 y en la primera parte del art. 93 de la Ley No. 8112 de 11 de diciembre de 1990, proporcionados todos los derechos y beneficios, incluyendo el pago de la gratuidad L9637 10/12/14, 10:48

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9637.htm Página 7 de 7