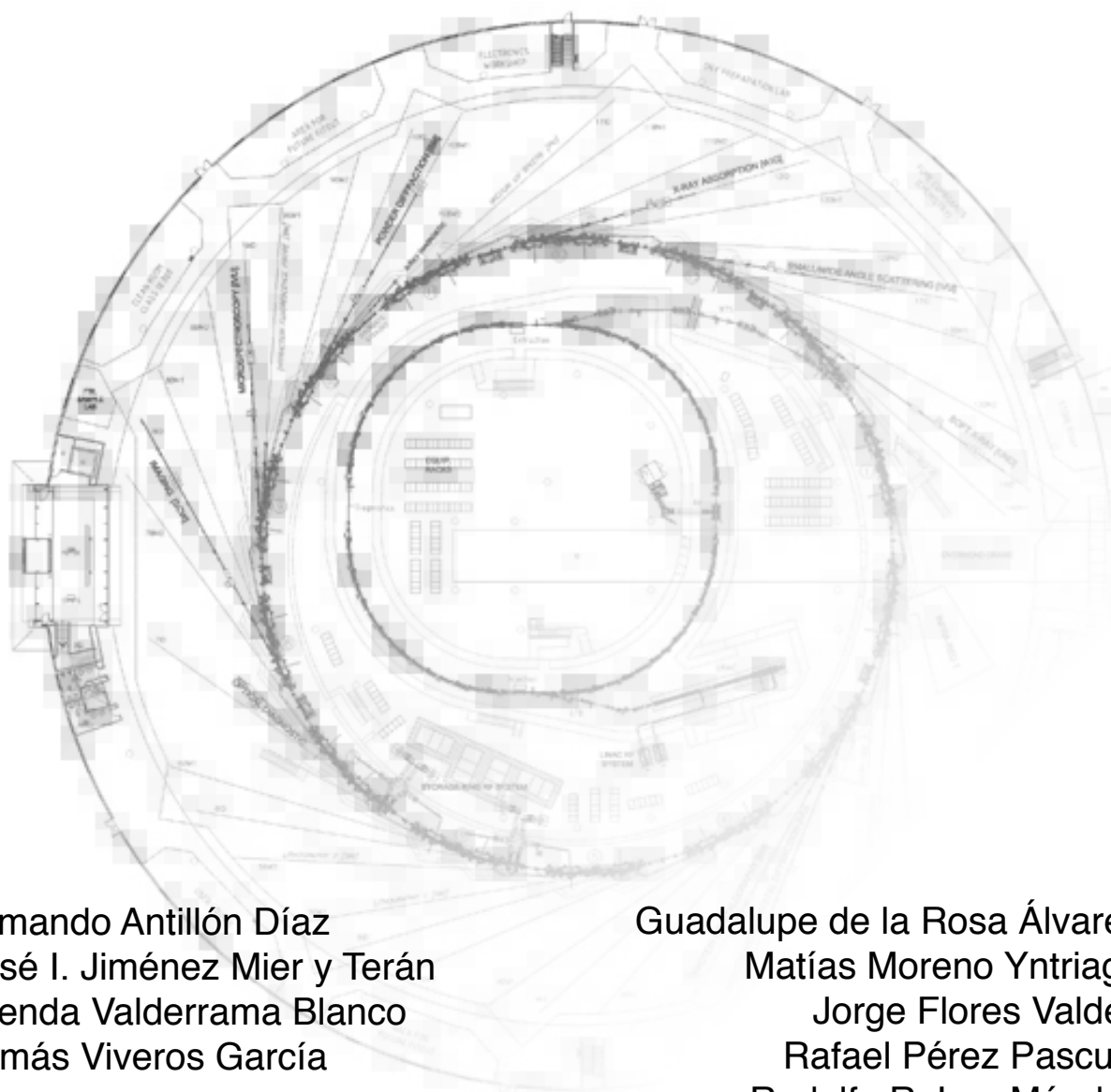




México Hacia el Salto Tecnológico y Científico: Sincrotrón. Foro del Senado de la República



Armando Antillón Díaz
José I. Jiménez Mier y Terán
Brenda Valderrama Blanco
Tomás Viveros García

Guadalupe de la Rosa Álvarez
Matías Moreno Yntriago
Jorge Flores Valdés
Rafael Pérez Pascual
Rodolfo R. Leo Méndez

Octubre, 2015



LOS SENADORES:

LUZ MARÍA BERISTAIN NAVARRETE, ALEJANDRO TELLO CRISTERNA, SILVIA GUADALUPE GARZA GALVÁN Y ARMANDOS RÍOS PITER.

CONVOCAN AL;

FORO: “MÉXICO HACIA EL SALTO TECNOLÓGICO Y CIENTÍFICO SINCROTRÓN.”

Fecha: 30 de septiembre de 2015.

Lugar: Sala de comparecencias, Planta Baja, Hemiciclo, Senado de la República.

- I. Objetivo. Presentar el proyecto de construcción de una fuente de luz sincrotrón mexicana, destacando su impacto en el desarrollo tecnológico y científico de la nación.
- II. Ejes temáticos.
 1. ¿Qué es una Fuente de Luz Sincrotrón?
 2. ¿Para qué sirve una Fuente de Luz Sincrotrón?
 3. Beneficios que aporta al país una Fuente de Luz Sincrotrón
 4. ¿Cómo hacer realidad en México una Fuente de Luz Sincrotrón?
 5. ¿Cuál es la experiencia internacional en Fuentes de Luz Sincrotrón?
 6. Plan de Desarrollo
 7. El financiamiento de la Ciencia y la Tecnología
 8. Proyectos nacionales de ciencia y tecnología ¿Cómo se construyen e implementan
- III. Dinámica de las ponencias.
 1. Cada ponente contará con hasta 10 minutos para llevar a cabo su presentación.
 2. Al término de cada ponencia, se procederá al apartado de preguntas y respuestas, exclusivas a la previa participación.
 3. Al final de todas las ponencias se abrirá el apartado de la discusión general.

Horario	Actividad
10:30 a 11:00	REGISTRO
11:00 a 11:15	Inauguración
11:15 a 11:30	Tema 1. ¿Qué es una Fuente de Luz Sincrotrón?
	Ponente. Dr. Armando Antillón. Institución: Instituto de Ciencias Físicas, UNAM, Facultad de Ciencias UAE-Morelos
11:30 a 11:45	Tema 2. ¿Para qué sirve una Fuente de Luz Sincrotrón?
	Ponente. Dr. José Jiménez Mier y Terán Institución: Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM
11:45 a 12:00	Tema 3. Beneficios que aporta al país una Fuente de Luz Sincrotrón
	Ponente. Dra. Brenda Valderrama. Institución: Secretaría de Innovación Ciencia y Tecnología de Morelos
12:00 a 12:15	Tema 4. ¿Cómo hacer realidad en México una Fuente de Luz Sincrotrón?
	Ponente. Dr. Tomás Viveros. Institución: Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa
12:15 a 12:30	Tema 5. ¿Cuál es la experiencia internacional en Fuentes de Luz Sincrotrón?
	Ponente. Dra. Guadalupe de la Rosa Institución: Universidad de Guanajuato
12:30 a 12:45	Tema 6. Plan de Desarrollo
	Ponente. Dr. Matías Moreno Institución: Instituto de Física, UNAM
12:45 a 13:00	Tema 7. El financiamiento de la Ciencia y la Tecnología
	Ponente. Dr. Jorge Flores Institución: Consejo Consultivo de Ciencias
13:15 a 13:30	Tema 8. Proyectos nacionales de ciencia y tecnología ¿Cómo se construyen e implementan?
	Ponente. Dr. Rafael Pérez Pascual Institución: Instituto de Física, UNAM
13:30 14:00	Discusión General
14:00	Clausura
Conduce la sesión el Dr. Manuel Torres, Director del IFUNAM.	

Bienvenida.....	1
Senadora Luz Ma. Beristain Navarrete.	1
Senador Alejandro Tello Cristerna.	3
Senador Juan Carlos Romero Hicks.	5
Senador Zoé Robledo Aburto.	7
Senador Javier Corral Jurado.	9
¿Qué es una Fuente de Luz Sincrotrón?.....	11
Armando Antillón. ICF-UNAM.	11
¿Para Qué Sirve la Luz de Sincrotrón?	19
José I. Jiménez Mier y Terán. Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM.	19
<i>I. Introducción</i>	19
<i>II. ¿Por Qué es Tan Útil la Luz de Sincrotrón?</i>	20
<i>III. Vida y Salud.</i>	20
<i>IV. Nuevos Materiales.</i>	21
<i>V. Catálisis y Energía.</i>	22
<i>VI. Patrimonio Histórico y Cultural.</i>	22
<i>VII. Cómputo de Alto Rendimiento.</i>	23
<i>VIII. Panorama General.</i>	23
Beneficios Sociales y Económicos del Proyecto del Sincrotrón Mexicano: ...	25
La Experiencia Daresbury.....	25
Brenda Valderrama Blanco. Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología del Gobierno del Estado de Morelos.	25
<i>¿CÓMO SE BENEFICIARÍA MÉXICO CON UNA FUENTE DE LUZ SINCROTRÓN?</i>	25
<i>¿QUÉ PAÍSES TIENEN UN SINCROTRÓN?</i>	26
<i>ÁREAS DE APLICACIÓN</i>	26
<i>¿ESTÁ MÉXICO PREPARADO PARA UN SINCROTRÓN?</i>	28
<i>LA EXPERIENCIA DARESBUY</i>	28
<i>¿CÓMO IMPULSA UN SINCROTRÓN LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL?</i>	29
<i>¿POR QUÉ CONSTRUIR EL PRIMER SINCROTRÓN MEXICANO EN MORELOS?</i>	30
¿Cómo Hacer Realidad en México una Fuente de Luz Sincrotrón?	33
Tomás Viveros García. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.	33
<i>Introducción.</i>	33
<i>Antecedentes.</i>	33

<i>Elementos de Oportunidad y Colaboración.</i>	34
<i>Financiamiento</i>	34
<i>Sobre los Usos del Sincrotrón</i>	36
<i>Resumen.</i>	37
¿Cuál es la Experiencia Internacional en Fuentes de Luz Sincrotrón?.....	39
Guadalupe de la Rosa. Universidad de Guanajuato.	39
<i>Experiencias Internacionales Diversas.</i>	40
<i>DIAMOND (Reino Unido, 2002)</i>	40
<i>ALBA (España, 2010)</i>	40
<i>Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL; USA, 1992)</i>	40
<i>European Synchrotron Radiation Facility. (Francia, 1994)</i>	40
<i>Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón. (Brasil, 1997).</i>	41
<i>SESAME. (Jordania)</i>	41
<i>Cooperación Científica y Tecnológica.</i>	41
<i>Otros Aspectos de Relevancia Internacional.</i>	42
<i>Premios Nobel</i>	42
<i>Industria</i>	42
<i>Piensa global, actúa local</i>	42
<i>Conclusiones.</i>	42
Plan de Desarrollo para la Fuente de Luz Sincrotrón Mexicana.	43
Matías Moreno. Instituto de Física, UNAM.	43
<i>Temas.</i>	43
<i>Duración del Proyecto.</i>	43
<i>Financiamiento y Gestión.</i>	45
El Financiamiento de la Ciencia y la Tecnología.	49
Jorge Flores. Instituto de Física, UNAM.	49
Proyectos Nacionales de Ciencia y Tecnología, ¿Cómo se Construyen e Implementan?	51
Rafael Pérez Pascual. Instituto de Física, UNAM.	51
Clausura.....	55
Senadora Luz Ma. Beristain Navarrete.	55

Bienvenida.

Senadora Luz Ma. Beristain Navarrete.

Hoy 30 de octubre de 2015 le damos la bienvenida a toda la distinguida audiencia que hoy nos acompaña a todas las muy distinguidas personalidades que están aquí con nosotros en el presidium. Tanto a los científicos, a los investigadores, a los promotores de este evento como a los queridos compañeros senadores. El senador Alejandro Tello que es el presidente de la comisión de ciencia y tecnología del senado de la república. Al senador Sofío Ramírez, senador por el estado de Guerrero. A nuestro compañero presidente de la comisión de educación, el senador Juan Carlos Romero Hicks. Muchas gracias por estar aquí. Al senador por Zacatecas que es el senador David Monreal. Gracias a Brenda que es nuestra secretaria de innovación del Estado de Morelos. Muchas gracias por estar aquí. La Dr. Guadalupe de la Rosa, el Dr. Tomás Viveros, el Dr. José Jiménez Mier y Terán, el Dr. Jorge Flores, el Dr. Manuel Torres, el Dr. Rafael Pérez Pascual, nuestro amigo el Dr. Armando Antillón y el Dr. Matías Moreno. Contamos también con maestro Oscar Montes de Oca que es el subprocurador de averiguaciones previas de la Ciudad de México. Muchas gracias por estar aquí presente. El senado de la República el día de hoy se viste de gala

El primer paso de una ruta que México ya no puede esperar más para transitar, la ruta de la modernización tecnológica. México requiere dar ese gran salto para estar a la vanguardia, para generar el progreso y la evolución que se necesita en este país, y me enorgullece que hoy en el senado de la República siendo conscientes de los trabajos que realizan estos maravillosos e ilustres mexicanos que han dado su vida por este proyecto y que han invertido muchísimas horas de estudio, de análisis de investigación para generar lo que tanto anhelamos en este país que dejen de fugarse los cerebros, que permanezcan en este país y que toda su sabiduría y su conocimiento sea para beneficio de las y los mexicanos. Hoy el senado de la república se viste de gala porque tenemos aquí a los mejores hombres que en este país están trabajando para que nosotros podamos entrar a esa era de la modernización, de la innovación, de los mayores y mejores descubrimientos científicos para redundar en beneficio para todos nuestros representados, para todo el pueblo de México. Una vez habiendo agradecido la presencia de mis compañeros senadores presentes, de los invitados especiales, desde luego de los medios de comunicación y de los asistentes en general a este llamado por el desarrollo tecnológico y científico de nuestro país; deseo comentarles que este foro se abordará y explicará al proyecto sincrotrón, como todos ustedes conocen, con la finalidad de que nuestro país cuente con uno.

El sincrotrón es un laboratorio científico el cual es un acelerador de partículas que generan luz capaz de analizar materia y sus propiedades a niveles extraordinarios con aplicaciones en diversas áreas e industrias como la farmacéutica o el energético. En otras palabras, el sincrotrón, es una especie de súper microscopio que nos permitirá obtener información de la naturaleza a nivel atómico. Cabe destacar que el Estado de Morelos, hoy representado aquí por Brenda y por varios como el Dr. Antillón y la maestra Leticia Navarrete que es parte también importante de este proyecto promoviendo siempre que desde Morelos salgan siempre estas excelentes noticias para México. De verdad les agradezco a todos los invitados del Estado de Morelos que están hoy aquí por estar promoviendo este gran invento. Cabe destacar como les decía que el estado de Morelos se perfila como sede del sincrotrón mexicano, el cual requiere una fuerte inversión. Pero valdrá la pena para acelerar el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país. Estamos hablando de entre quince y diez mil millones de pesos de inversión, contemplando aproximadamente diez años

de construcción y treinta años de operación, una cifra que a largo plazo podría hacer de México un país que destaque por su Innovación en tecnología. Que dejemos de procesar cosas que ya no le sirven a otro sino que salga de aquí de México que es el discurso que siempre se ha tenido pero que pocas veces se aterriza en la realidad. Llegar a este lugar es una decisión que debe impulsar los tres poderes de gobierno para beneficio de todo el país.

En conclusión. Construir un sincrotrón sería una apuesta por la innovación y el avance científico mexicanos, porque creemos que es la única forma en que nuestro país de el salto de maquilador a desarrollador. Parece fácil, pero es cosa grande. Generaría que México entrara a otra era de crecimiento económico. Sería generar un modelo económico de desarrollo mucho más versátil que en el que hemos vivido siempre, consumiendo tecnología que a otros ya no les está funcionando.

A continuación, quiero ceder el uso de la palabra a mi compañero senador Alejandro Tello Cristerna, presidente de esta comisión y posteriormente a mis demás compañeros y antes de dejar micrófono hago votos porque esta reunión sea muy fructífera y de aquí empiece la gran noticia que todos anhelamos: que la apuesta del gobierno de México es por la vanguardia, por el progreso, por la innovación, por el avance tecnológico. Es lo que más anhelo, que este foro sea el inicio de los frutos que se requieren para coronar los esfuerzos de todos ustedes que han trabajado por tantos años en este experimento científico. Espero y hago votos porque de aquí salga la gran noticia que México va a invertirle y va a apostarle al desarrollo.

Gracias.

Senador Alejandro Tello Cristerna.

Muy buenos días tengan todos ustedes.

Con el permiso de las personalidades del mundo de la ciencia y la investigación que nos acompañan hoy aquí, en el presidium, y mis compañeros legisladores Zoé, Luz María, David y Juan Carlos, muchas gracias. Sean todos bienvenidos a esta su casa el senado de la república. Es para nosotros un honor albergar este foro. Razones para construir un sincrotrón. Desde hace tiempo Brenda Valderrama del Consejo de Ciencia y Tecnología de Morelos ha venido planteándonos este tema y hoy no soy yo quien les diga qué es o como funciona, no trataré de explicárselos porque realmente vengo a este foro a tratar de entenderlo. Es un tema no del todo sencillo pero que sabemos que a final de cuentas trae nuevos alcances, beneficios y usos para nuestro país.

Tenemos que estar a la par con otros países del mundo y ahorita yo leía en este documento que nos daban que México es el único de los quince países con mayor PIB que no tiene un Sincrotrón y con ésto podemos abrir un campo muy importante en la investigación y desarrollos en salud, en alimentos, en energía, en medio ambiente. Entonces para nosotros como comisión de ciencia y tecnología, realmente es un tema importante. Sabemos que es un tema también difícil que representa, como muy bien lo dijiste Luz María, un cambio de visión de país. Hay muchos recursos aquí por invertir y somos una de las partes, el poder legislativo. Tenemos que tener la voluntad del ejecutivo y la academia, todos ustedes, los expertos, para poder trabajar todos en un mismo sentido y lograr ésto tan anhelado.

Yo simplemente los felicito, les doy la bienvenida y que sea de provecho todo lo que aquí se exponga, que realmente sea el inicio, Brenda, de un esfuerzo que tu ya tienes tiempo haciendo en este tenor y que vayamos caminando, sabes que en la comisión de ciencia y tecnología y no sólo del senado, también de la Cámara de Diputados, has encontrado eco a todas tus demandas y que junto con la comunidad científica y tecnológica vamos a caminar y al ver capitalizado muy pronto este tema.

Sean todos bienvenidos y muchísimas gracias.

Senador Juan Carlos Romero Hicks.

Muy buen día. Gracias y bienvenidos a la casa del federalismo, al Senado de la República.

Desde hace años ustedes han soñado y se dice que el sueño es la esperanza de la persona despierta y aquí hay un gran ejemplo de perseverancia de las universidades y de los centros de investigación. Este proyecto que tiene un sentido estratégico y un gran sentido transversal para poder potenciar mejores realidades de vida. Combina la posibilidad de que el país pueda tener una mejor cadena virtuosa de innovación, ciencia, tecnología y educación. Que combine para la ciencia libre y para ciencia dirigida, y particularmente para que podamos entrar de manera más plena a la economía del conocimiento.

Nuestro país tiene luces y sombras y en esas sombras tiene varios pendientes. Por eso celebro el hecho de que nuestra compañera Luz María Beristain, de que Alejandro Tello quien preside la comisión de ciencia y los demás colegas que estamos aquí podamos acompañar este proceso.

México lleva prisa y tiene que tomar atajos y tiene que aprender de lo que otros países han podido desarrollar de la mejor manera posible. Por eso el día de hoy felicito a Brenda, a los investigadores, aquí tenemos desde el Consejo Consultivo de Ciencias, grandes investigadores, premios nacionales. Porque México tiene que estar ala vanguardia para que ese conocimiento nos de mejores condiciones de bien ser y de bienestar, y que por otra lado, cuide el tema de la ética, porque la ciencia sin conciencia es un tema perdido. ¿Ciencia para qué? La ciencia no como una entelequia. La tecnología e innovación al servicio de los que hoy viven en este país. Casi ciento veinte millones de habitantes que esperan de su comunidad académica preguntas y respuestas a las realidades cotidianas para poder tener resultados, resultados y más resultados.

Bienvenidos a la casa del federalismo.

Senador Zoé Robledo Aburto.

Muchísimas gracias y muy buenos días a todas y a todos.

Antes que nada, reiterar la bienvenida al Senado de la República a todos los científicos que hoy nos acompañan y que sepan que este senado sin duda ha intentado acercarse a otras áreas del conocimiento, a salir del caparazón legislativo partidista político que muchas veces es percibido como el único trabajo que se desarrolla en este senado. Y lo hemos intentado hacer sin duda a espacios como éste, a escucharlos, pero también a otras áreas que me parece son relevantes para el país como lo es la cultura.

Yo soy un convencido de que no hay peor error que puede cometer un estado o una nación que dejar de invertir sus recursos en ciencia y en cultura porque lo que no se invierte en un año, en un lustro, en una década, no se recupera posteriormente. Hay otros espacios sin duda en donde el estado mexicano sigue teniendo deudas, en infraestructura social básica, en la infraestructura que conecta a las ciudades y los pueblos del país. Pero esas deudas cuando se saldan no tienen este efecto de pérdida. Qué sentido tiene la inversión en ciencia y en cultura que son vistos siempre como el último espacio de atención y el primero del recorte. Creo que tenemos que tener claro eso.

Yo siempre he, como chiapaneco y además con otra compañera peninsular maya, pues que nuestros ancestros hacen lo correcto. Por supuesto que se dedicaban también a la guerra, también al gobierno, a la religión pero también con la misma importancia se dedicaban a observar el cielo, se dedicaban a la ciencia, se dedicaban al arte, a la cultura, a las expresiones máximas de la expresión humana. En este sentido de verdad que cuando la senadora Beristain, dentro del grupo parlamentario del PRD, nos compartió que iba a realizar este foro, yo quise venir a felicitarla y a felicitarlos a todos ustedes y que este evento, este lugar, este momento sea la semilla de la cual surja un árbol de enormes ramas que cubra a las generaciones y les de frutos a las próximas generaciones de mexicanos del futuro.

Muchas gracias y muy buenos días a todos.

Senador Javier Corral Jurado.

Realmente es para expresar una disculpa. Yo ahora estoy programado para participar en la comparecencia del Secretario de Educación Pública. Pero no quiero irme sin rápidamente expresar una idea que por supuesto me atrevo a expresarla después de escuchar al presidente de la comisión de ciencia y tecnología del senado decir que finalmente le entendió, porque eso me quitó la carga, estaba muy abrumado desde que Armando Antillón me invitó para participar acá. Abruma siempre el mundo de la ciencia porque la ciencia a veces como los del mundo del derecho, actúan de manera muy cuadrada en términos comunicacionales. Yo no pude antes de venir aquí informarme del tema. Pero de entrada, el primer saque por decirlo, le coloca a uno una carga de decir, ¿De qué se trata?, ¿Cómo entenderlo?.

El sincrotrón tiene tres retos. No solamente uno de carácter presupuestal. Yo ni siquiera me atrevo a preguntar aquí de que inversión se trata. Porque luego todo mundo se despresuriza. Es un reto presupuestario por supuesto, pero es también un reto comunicacional. Yo creo que el principal reto es comunicacional, de un concepto tan importante, con tal variedad de aplicaciones en términos de tantas facetas y atención de necesidades. Y es un problema. Es un reto comunicacional fundamentalmente para la política, porque los legisladores han perdido la costumbre, yo no se si alguna vez la tuvieron, de investigar, de adentrarse en los documentos, de interiorizarse en los conceptos. Entonces hay que poner las cosas como muy de “a, b, c” para que el planteamiento sea un planteamiento que sea fácilmente comprensible. ¿Por qué? Porque ahora estamos discutiendo el presupuesto cero. Entonces un planteamiento como éste, dice, “A ver, ¿de qué trata ésto? por favor no estén bromeando cuando están pensando en bajarle el presupuesto a las universidades públicas” Entonces, hay un reto comunicacional y es un reto político.

Crear un grupo de trabajo que entienda, comprenda, como funciona el congreso. Cómo se mueven los temas y los intereses en el congreso y cómo los temas deben ser transversales como éste, a partidos, a bancadas y a las dos cámaras. Éste es un tema para la cámara de los diputados, en principio. Pero está muy bien planteado que venga primero al Senado. Porque el Senado que es una cámara más reposada, o eso es lo que nosotros decimos, el Senado sí puede ser un animador y sí puede ser un facilitador de abrir espacios, foros, audiencias, de hacer una cadena, ¿de qué? de cabildeo legislativo!

Los científicos en un salto tecnológico y de infraestructura como lo que significa ésto tienen que asumir que hay que hacer cabildeo político. Es cabildeo político, es presión política y es reto comunicacional.

Entonces yo tengo ahora que irme pues no van a pensar que voy a dejar pasar a Nuño en esta comparecencia. Me gustaría incluso preguntarle al secretario de educación si conoce este proyecto, por donde podemos empezar a crear un encuentro. No puedo decir ahora más. Estoy muy contento. Ya me puse el botón. Me encantan los colores. Bueno, parece que está todo, ¿no?. Parece incluso símbolo gay o una cosa así. Es muy incluyente.

Los felicito. Me tengo que ir. Gracias.

¿Qué es una Fuente de Luz Sincrotrón?

Armando Antillón. ICF-UNAM.

Primeramente quiero expresar nuestro agradecimiento a los integrantes de este Recinto Legislativo por permitirnos presentar este proyecto de una fuente de luz nacional que considero es un gran proyecto para México. Especialmente agradecemos a los Senadores Luz María Beristain Navarrete, Alejandro Tello, Silvia Guadalupe Garza y Armando Ríos Piter por convocar a este Foro abriendo así las puertas del Senado para iniciar una discusión sobre los grandes beneficios que nuestro país obtendría con su construcción.

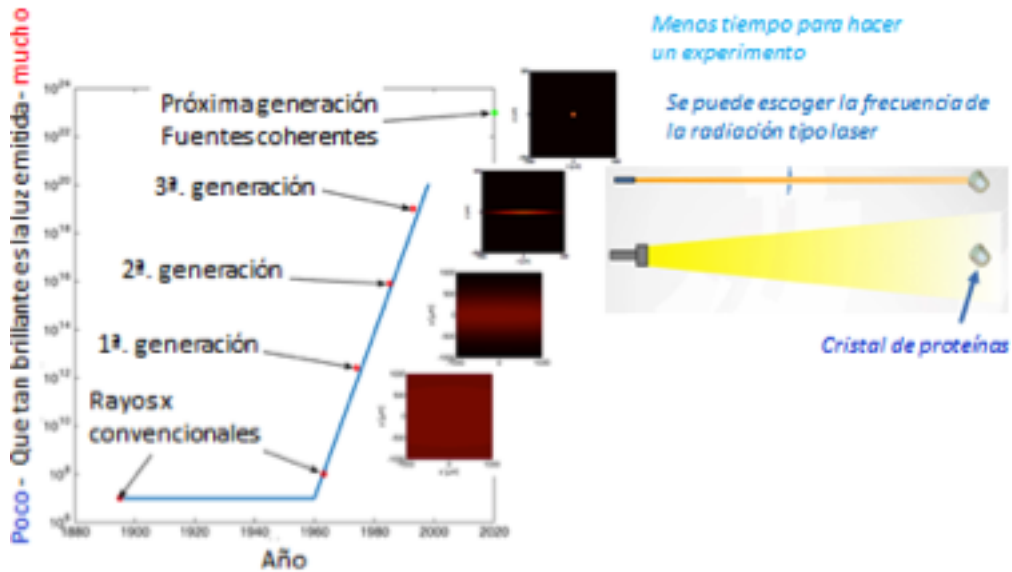
Todos nosotros hemos estado expuestos a la radiación electromagnética. Parte de esta radiación es producida por estaciones de radio. ¿Cómo es que esta radiación se produce? En forma simple lo que sucede es que los electrones son acelerados en forma vertical generando ondas de radio, radiación electromagnética que llega a nuestros hogares y nos permite escuchar música. Este es un caso en que electrones emiten energía por estar sujetos a fuerzas que los hacen mover arriba-abajo.

Sin embargo la radiación emitida por estos electrones a una determinada frecuencia, sucede en una pequeña parte de lo que se conoce como espectro electromagnético. Las ondas de radio son de baja frecuencia. Hay otras frecuencias que se usan para telefonía celular. Las microondas también son parte de este espectro así como el infrarrojo. Hay una región muy estrecha que nuestro organismo utiliza para ver y arriba de esta zona se encuentra la radiación ultravioleta y más arriba, los rayos x que son de una frecuencia alta y pequeña longitud de onda. Para ver un objeto en general se requiere que la longitud de onda usada sea menor que él.

Las fuentes de luz sincrotrón son capaces de generar radiación que va del infrarrojo a rayos x, incluyendo todas las frecuencias intermedias. Con los primeros podemos ver la estructura molecular y con los últimos dónde se encuentran los átomos.

Además, la radiación generada tiene características especiales como ser millones de veces más brillante que el sol, ser emitida en pulsos muy cortos, ser polarizada, ser un láser y en cada uno de las decenas de experimentos que se realizan simultáneamente se puede escoger el o los colores necesarios.

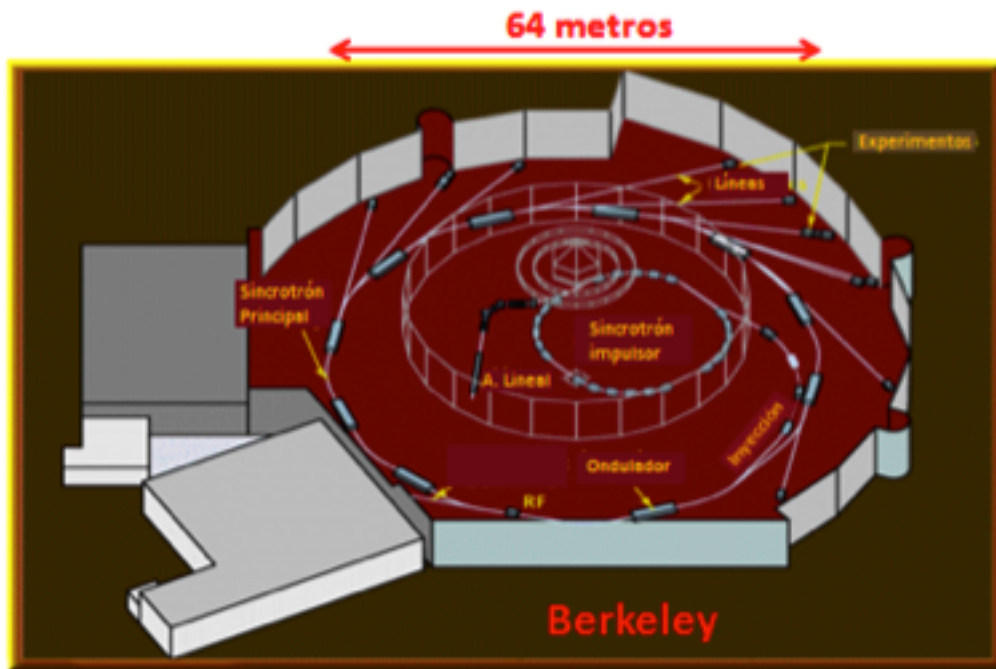
Generaciones de fuentes de luz



Esta figura muestra cómo la intensidad de las fuentes de luz sincrotrón ha crecido en forma exponencial en los últimos años. No se incluye la última generación que tiene muy pocas instalaciones en el mundo y en donde cada experimento cuesta 10 veces más. Cada fuente de luz que se construye trata de hacer más pequeño el paquete de electrones para que el haz de luz emitido esté más confinado, como un láser de rayos x, y así que más paquetes de luz lleguen por ejemplo a un cristal de una proteína que se desea estudiar y se podrá hacer en unos cuantos segundos en lugar de horas o días.

Ahora vamos a ver rápidamente como se produce la luz de sincrotrón en un ondulator que es un dispositivo presente en las fuentes de luz. Antes de llegar al dispositivo de imanes periódicos, los paquetes de millones de electrones han sido ya acelerados hasta alcanzar velocidades cercanas a la velocidad de la luz. Su trayectoria circular cruzará por estos dispositivos y los campos magnéticos alternados harán que oscilen. Al igual que en la antena de radio, se emitirá radiación, ésta vez será en un cono estrecho hacia adelante. La luz producida se hace llegar a los laboratorios experimentales llamadas líneas de luz, donde existen aparatos sofisticados que permiten a los investigadores utilizarla para estudiar las propiedades de los materiales, formando una simbiosis entre evolución de los instrumentos y evolución del conocimiento.

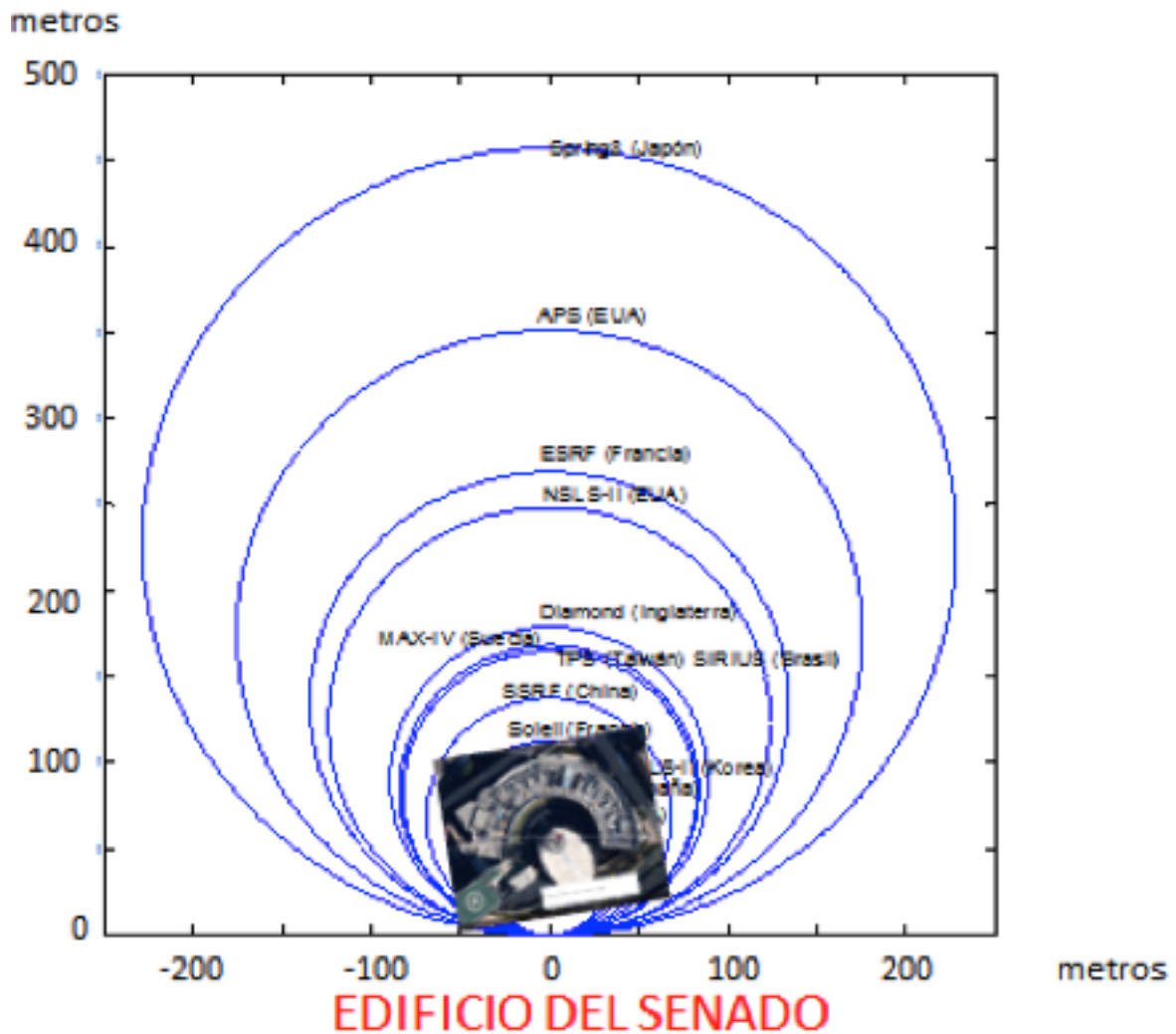
Sincrotrón Típico



Aquí mostramos un esquema típico de un sincrotrón, tiene un par de aceleradores de partículas que aceleran los electrones a una velocidad alta y después los inyecta a lo que se conoce como anillo principal donde los electrones giran produciendo haces de luz que salen de forma tangente al círculo pasando por un hueco en un muro de concreto de un metro de espesor y se conduce a los experimentos que están en la parte externa del círculo.

La información obtenida en experimentos llevados a cabo en fuentes de luz de sincrotrón, a menudo no se puede obtener de otra manera. Una fuente de luz sincrotrón puede tener 60 o más de estas líneas experimentales, todas operando simultáneamente. Una instalación puede albergar un gran número de grupos de investigación, llevando a cabo diferentes experimentos al mismo tiempo.

Por lo general, las fuentes de luz sincrotrón son muy confiables y operan las 24 horas al día, siete días a la semana, y sólo se detiene su funcionamiento para mantenimiento y actualizaciones. Esta máquina típica está replicada quizá 60 veces en todo el mundo.



Ahora mostramos los tamaños comparativos de las últimas fuentes de luz en funcionamiento y en proceso de construcción en varios países. Para tener una idea de sus dimensiones ponemos de referencia este hermoso edificio donde ahora nos encontramos que tiene un diámetro de cerca de cien metros.

En las fuentes de luz de gran tamaño es necesario que la estructura del edificio cubra únicamente el anillo por donde circulan los electrones y la parte de laboratorios a su alrededor. Haremos un viaje relámpago por los sincrotrones de mayor tamaño empezando por Japón. El Sping8 tiene un diámetro de alrededor de cuatrocientos sesenta metros.

Continuamos con APS cerca de Chicago, con trescientos cincuenta metros de diámetro.

El Sincrotrón Europeo, en Francia tiene doscientos setenta metros.

El NSLS-II en Nueva York, doscientos cuarenta y ocho.

Diamond en Inglaterra, ciento setenta y nueve.

Todos los sincrotrones anteriores están funcionando. En Max-IV en Suecia, recientemente se ha visto ya la luz de sincrotrón, representando un alivio para sus diseñadores y para la comunidad internacional del área porque su diseño incorpora tecnologías innovadoras en aceleradores que serán de gran utilidad en nuestro proyecto.

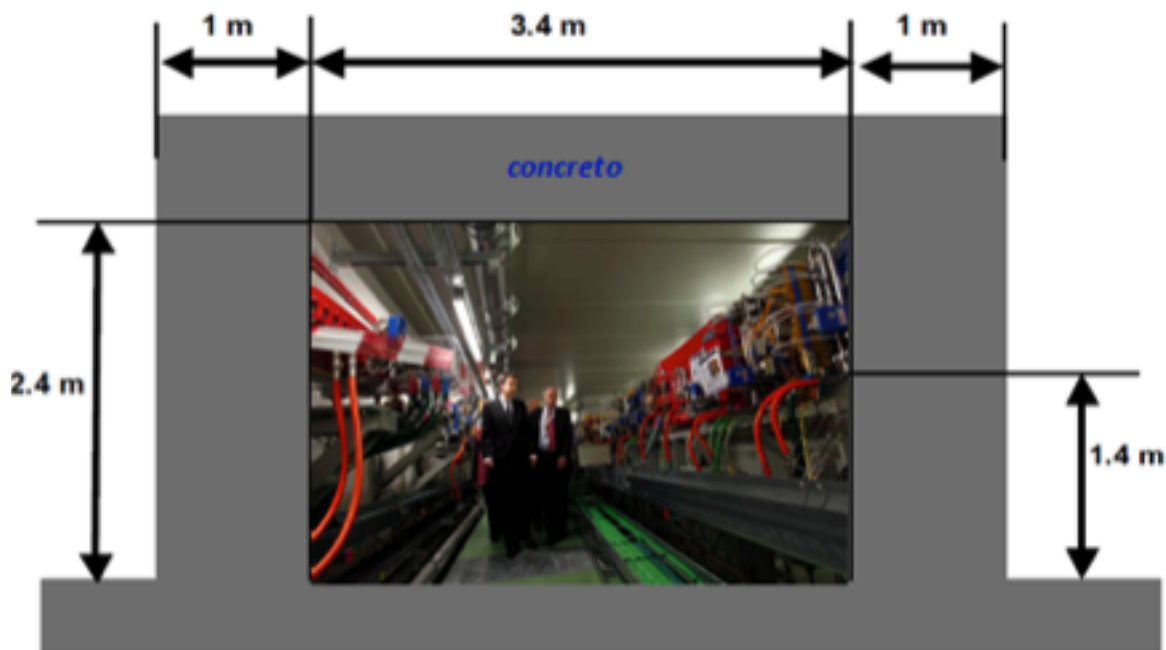
TPS en Taiwán, la nueva fuente de luz, se terminó en este año y debe estar ya funcionando.

Sirius, la segunda fuente de luz de Brasil está en proceso de construcción.

Y finalmente paramos este recorrido con la fuente de luz china, SSRF. Ese país tiene bajo proyecto construir otra fuente de luz en Pekín.

El grupo de personas interesadas en este proyecto ha organizado tres talleres relacionados con el área de diseño. En pláticas ahí establecidas con expertos internacionales de Estados Unidos, Inglaterra y España surge la idea de que nuestro sincrotrón debería tener un diámetro alrededor de cien metros para que una vez construido tenga una vida útil en la frontera de la ciencia y la tecnología por al menos dos o tres décadas, con las implementaciones adecuadas.

Cómo es por dentro la fuente de luz?



Las fuentes de luz guardan en su interior equipo altamente sofisticado y celosamente tratado para que el conjunto trabaje en óptimas condiciones. Una vista interna se puede apreciar en esta fotografía, donde los muros de concreto evitan que los rayos X lleguen a las 60 módulos alrededor del anillo donde se realizan los experimentos.

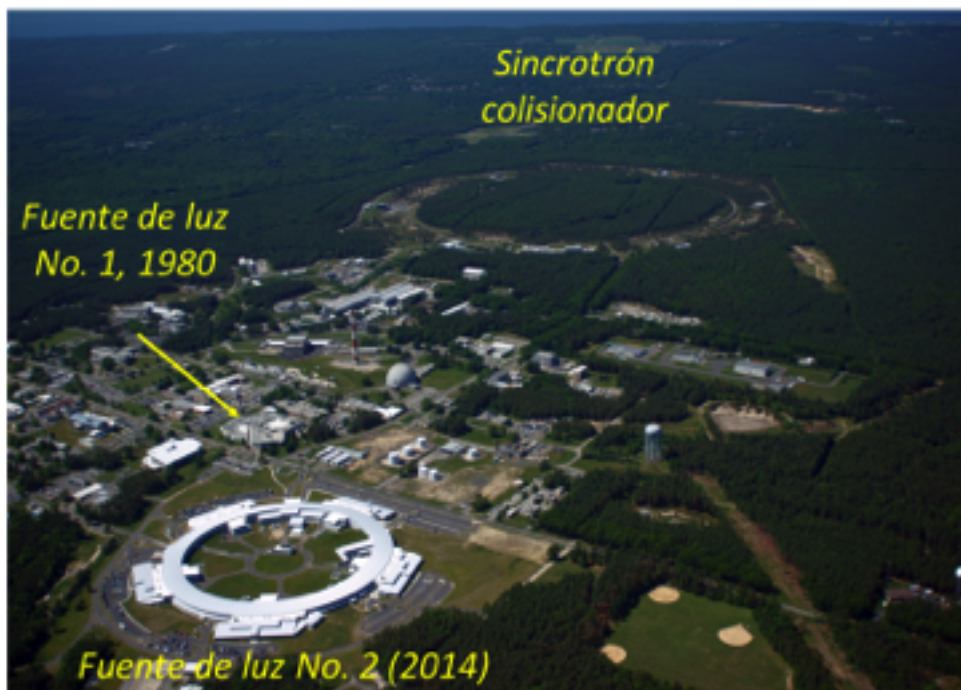
La ingeniería civil involucrada en la construcción de estas instalaciones se enfrenta a retos especiales. En el túnel por donde circulan los electrones dentro de cientos de imanes la temperatura debe ser constante y no debe cambiar más de unas décimas de grado, mientras que fuera de éste la tolerancia es de un grado. Las vibraciones que el ruido ordinario produce en el suelo, como ruido vehicular o fábricas cercanas, pueden hacer que el haz de electrones se desplace del punto apropiado por donde debe cruzar los imanes y en consecuencia no habrá más

luz de sincrotrón. Para evitar eso es necesario poner una cama de materiales absorbentes de vibraciones. Sobre ella se pone una plancha de concreto de más de un metro de grosor que si se mueve deberá hacerlo como una sola pieza sin deformarse. El edificio de forma de dona que cubre esta sección, no debe tener contacto con esta plancha.

La ingeniería mecánica de la fabricación de imanes también tiene retos debido a que la tolerancia de su maquinado es pequeña. Cientos de imanes que producen campos magnéticos de alta precisión forman el anillo principal del sincrotrón. El haz de electrones pasa a través del centro de cada imán, donde campos magnéticos dirigen las partículas en una trayectoria casi circular al mismo tiempo que las mantienen juntas.

Así como estos retos de ingeniería que hemos mencionado, existen muchos otros donde se requiere hacer uso de tecnologías de punta para lograr construir una buena fuente de luz.

La utilidad de un sincrotrón es más amplia que sólo generar luz. En la prensa a veces se ha confundido este proyecto con un acelerador colisionador de partículas, usado por la comunidad científica de altas energías para investigar la estructura de la naturaleza a dimensiones más pequeñas que los núcleos de los átomos.



La fotografía es del Laboratorio Nacional de Brookhaven; en ella se señala la primera fuente de luz que estuvo en funcionamiento por más de 30 años hasta que es remplazada por la nueva que empezó a operar el año pasado. En la parte superior se encuentra el sincrotrón colisionador donde se hacen chocar de frente iones pesados de oro contra oro, produciendo materia nuclear en un estado que el universo tuvo en los primeros momentos de su creación.

Colisionadores y fuentes de luz buscan objetivos diferentes y así deben ser optimizados para prometer competitividad en su área, satisfaciendo en el primer caso las necesidades de la comunidad de altas energías, mientras que en el segundo se satisfacen las necesidades de un amplio sector de áreas científicas que en fuentes maduras, demandan dos veces más tiempo para hacer experimentos que el concedido.

Señoras Senadoras y Señores Senadores, Distinguidos Invitados; ojalá que con esta breve presentación y con los argumentos que mis colegas expondrán en seguida podamos convencerlos de hacer suyo el Proyecto de una Fuente de Luz de Sincrotrón.

Estamos trabajando en este proyecto de muchos retos y de largo plazo, conscientes de que si se construye, el beneficio será para otras generaciones de mexicanos que harán que el futuro de nuestro país sea más brillante.

Muchas gracias por su atención.

¿Para Qué Sirve la Luz de Sincrotrón?

José I. Jiménez Mier y Terán. Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM.

I. Introducción

México es un gran país que también tiene grandes problemas. La ciencia puede contribuir de manera significativa en la solución de esos problemas. En particular, la ciencia que se hace en las fuentes de luz de sincrotrón ha dado, y seguirá dando, información muy útil para la solución de algunos de esos grandes problemas. Algunas áreas en las que la luz de sincrotrón ha tenido un impacto muy importante son en estudios ambientales, en el estudio de las moléculas de la vida, en es la producción de nuevos materiales con aplicaciones novedosas, en estudios que permiten generar y aprovechar de maneras más eficientes los recursos energéticos.

Ejemplos que hacen evidente este impacto positivo de la luz de sincrotrón abundan. En esta plática se presentarán algunos casos en los que se muestra que hay trabajo realizado por investigadores que trabajan en México, y que tiene un importante impacto en diversas áreas de la ciencia y el desarrollo tecnológico. Algo que conviene señalar desde el principio es que el acceso a cualquiera de las líneas de haz en cualquiera de los sincrotrones del mundo se consigue sometiendo proyectos de investigación a revisión por parte de pares. El hecho mismo de que investigadores mexicanos consiguen que se les asignen tiempos de haz en sincrotrones es, por tanto, un indicador claro de la calidad del trabajo que realizan. Conviene decir que las fuentes de luz de sincrotrón en el mundo no cobran el valor comercial de su tiempo para trabajo realizado por investigadores de universidades y centros académicos. Sin embargo el investigador o su institución deben poder cubrir los gastos de transporte y alojamiento de todos los participantes en cada experimento. Otro inconveniente de realizar experimentos en fuentes de luz fuera de México es que las muestras que se van a estudiar, que a veces son el producto de meses o años de preparación minuciosa, pueden ser dañadas o extraviadas cuando se envían al extranjero. Por otra parte, para investigaciones de patente o de uso comerciales el costo para utilizar una fuente de luz en cualquier parte del mundo es muy elevado.

También es importante señalar que el autor de esta revisión tuvo que hacer una selección de los ejemplos, lo que necesariamente lo obligó a dejar fuera muchos otros casos igual de importantes. Se trata de un conjunto de muestras de la calidad del trabajo que se puede hacer en el País y que, a juicio del autor, justifica plenamente el que estemos proponiendo la construcción en México de una fuente de luz de sincrotrón. Es importante también señalar que los autores de los trabajos que se presentarán son todos integrantes de la Red Temática de Usuarios de Luz Sincrotrón (REDTULS) de CONACyT.

Por último, es conveniente aclarar que el autor de esta presentación es usuario de luz sincrotrónica en física del estado sólido, en particular, el estudio de materiales altamente correlacionados. Por tanto no es experto en las otras áreas. La presentación no puede mostrar detalles y por tanto no refleja en toda su plenitud la importancia de cada uno de los ejemplos.

II. ¿Por Qué es Tan Útil la Luz de Sincrotrón?

La parte del espectro electromagnético que más se usa de una fuente de luz sincrotrónica son los rayos x. También hay aplicaciones importantes de la luz que se produce en el infrarrojo, pero no serán cubiertas en esta presentación.

Los rayos x son ondas electromagnéticas de tamaño (longitud de onda) muy pequeño y de energía mayor que la de la luz visible. Estas dos propiedades hacen que los rayos x sean especialmente útiles para estudiar a las cosas. Tenemos la experiencia directa del uso de rayos x cuando vamos al médico o al dentista. Sabemos que con rayos x podemos ver el interior de cosas, por ejemplo los huesos en el cuerpo. Esto se debe a que los átomos en los tejidos absorben de manera diferente los rayos x. Los átomos ligeros (C, O, N) absorben poco los rayos x, mientras que los átomos más pesados (calcio) son buenos absorbedores. Los rayos x atraviesan el tejido blando y se detienen en el hueso y por eso el doctor puede sacar radiografías.

En un sincrotrón se puede seleccionar la energía de los fotones de rayos x que se utilizan en un experimento. Por ello podemos utilizar los rayos x que son absorbidos de manera preferente por el elemento de la tabla periódica que nos interesa estudiar. Además, los rayos x que se producen en un sincrotrón son muy brillantes, por lo que pueden ser enfocados en puntos muy pequeños. Entonces, con los rayos x de un sincrotrón se pueden tomar “micro- radiografías” en las que se selecciona el elemento que nos interesa observar. Esto se puede hacer en gases, en líquidos o en sólidos. También se puede hacer al momento en que ocurre una reacción química. Los rayos x permiten ver de manera muy detallada los procesos de transformación de la materia.

El que sean ondas muy pequeñas les da otra utilidad a los rayos x. Con ellos se pueden “ver” objetos pequeños, del tamaño de la longitud de onda. Estos objetos son los átomos. Entonces, con los rayos x podemos ver dónde se localizan los átomos en una molécula o en un cristal.

Estas propiedades de los rayos x son las que convierten a la luz de sincrotrón en una herramienta indispensable en investigación y desarrollo en las ciencias de la vida y la salud, en el diseño y la fabricación de nuevos materiales, en catálisis y energía y en el estudio y la preservación del patrimonio cultural. A continuación se presentan algunos ejemplos.

III. Vida y Salud.

a) Contaminación del medio ambiente.

La luz sincrotrónica es una herramienta especialmente útil para detectar la presencia de contaminantes en suelos. Esto tiene especial importancia, por ejemplo, en suelos contaminados por la actividad minera. Investigadores del Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) de Chihuahua emplean rayos x de un sincrotrón para determinar la presencia de uranio en la tierra [1]. La luz de sincrotrón permite estudiar los depósitos a nivel microscópico, además de que se puede identificar el estado de valencia (grado de oxidación) de estos elementos. El efecto tóxico de estos contaminantes está directamente relacionado con su estado de valencia.

Por otra parte, expertos de la Universidad de Guanajuato emplean los rayos x de un sincrotrón para estudiar la absorción y la transformación de nanopartículas tóxicas de óxido de cerio o zinc en plantas de soya [2]. Determinaron que puede haber efectos genotóxicos importantes debidos a cerio, pero que no ocurre lo mismo con zinc.

Otro grupo de investigadores de la Universidad de Guanajuato realizó estudios para determinar puntos de acumulación de oro en plantas [3]. Demostraron que se pueden agregar agentes químicos que propician la fitoextracción de oro en plantas.

Se ha establecido una relación entre biopelículas de hongos de la especie *Candida* y la recurrencia de enfermedades adquiridas en hospitales. Investigadores de Jalisco, Guanajuato

y Durango propusieron el uso de luz de sincrotrón para observar la estructura de las proteínas del hongo in vivo [4]. La luz de sincrotrón ayudará a detectar las moléculas que se generan mientras se desarrolla la biopelícula. Con estos resultados se podrán diseñar estrategias que permitan reducir significativamente la formación de biopelículas en los instrumentos que se emplean en los hospitales.

b) Moléculas de interés biológico.

Uno de los descubrimientos científicos más importantes del siglo 20 fue la determinación de la estructura en forma de hélice del ácido desoxirribonucleico (ADN). Los rayos x de fuente convencional fueron la herramienta empleada en estos estudios. A partir de la utilización de los rayos x de sincrotrón el número de estructuras de moléculas importantes para la vida que han sido descifradas ha crecido de manera muy importante.

Para estos estudios se necesita que las moléculas se cristalicen. Expertos del Instituto de Química de la UNAM han contribuido de manera destacada al estudio de los procesos de fabricación de cristales con moléculas de interés biológico [5].

De igual manera, hay que considerar que en estos estudios se expone a las moléculas a rayos x de alta intensidad. Esos rayos x también generan daños en el cristal y en las moléculas. Investigadores del Instituto de Biotecnología de la UNAM participaron en un estudio para determinar las dosis a las que se pueden someter los cristales de proteínas sin que los resultados de los experimentos se vean afectados por el daño causado por la radiación [6].

Entender la estructura de moléculas biológicas complejas también permite entender los cambios que ocurren ya sea durante el metabolismo normal o por exposición a sustancias tóxicas. Investigadores mexicanos han participado en este tipo de estudios de gran relevancia en los que se identifican sitios específicos en el ADN que son susceptibles de sufrir mutaciones por el ataque de agentes químicos también bien identificados [7].

Este tipo de trabajo, realizado recientemente en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo de Sonora, podría ayudar a diseñar una estrategia antiviral para prevenir enfermedades en camarones [8]

IV. Nuevos Materiales.

Entender la estructura de los materiales es el primer paso para entender y modificar sus propiedades y así optimizar su utilización. Es muy frecuente diseñar materiales para funciones específicas. La capacidad de los rayos x de sincrotrón de identificar la estructura espacial y la composición de los materiales los convierte en herramientas indispensables en el estudio de los materiales.

Un experto de la Universidad del Papaloapan en Oaxaca participó en experimentos en los que se produjeron y caracterizaron compuestos nuevos con metales pesados y nitrógeno con mecanismos de síntesis novedosos que además son accesibles [9]. Estos nuevos materiales tienen propiedades (dureza, resistencia a corrosión) que los hacen particularmente útiles.

Una característica común en los nuevos materiales que se diseñan y sintetizan para que tengan las propiedades específicas es que son muy inhomogéneos. Cuando se estudia la posición de sus átomos con rayos x se observan variaciones importantes en todo el material. Un investigador del CINVESTAV Mérida es un reconocido experto en el estudio de estos materiales complejos empleando luz sincrotrónica [10].

El estudio de las propiedades de los materiales tiene muchas aplicaciones directas. Un sector que se beneficia de estas investigaciones es el de la construcción. Poder diseñar y producir materiales de construcción con mejores propiedades beneficia directamente a la sociedad al contar con una mejor infraestructura. Afortunadamente en México hay una tradición importante en este campo. Entre los usuarios de luz de sincrotrón del País hay un experto en emplear rayos x para

caracterizar a los cementos. Este investigador de la Universidad Autónoma de Chiapas tiene un estudio muy interesante sobre las mejoras que se consiguen en las propiedades del cemento al momento de agregar fibras epóxicas en su preparación [11].

V. Catálisis y Energía.

Las transformaciones químicas son un motor importante en la sociedad contemporánea. Los catalizadores nos han permitido controlar la dirección en la que ocurren esas reacciones químicas. Son compuestos que pueden hacer más eficiente el proceso, o pueden encargarse de conseguir eliminar los residuos tóxicos. Un proceso importante en el que se hace investigación es la combustión de monóxido de carbono, en el que se le hace reaccionar con oxígeno para transformarlo en dióxido de carbono, que no es venenoso. Los metales preciosos (oro, platino) han sido tradicionalmente usados como catalizadores con este propósito. Es necesario estudiar los mecanismos de fabricación y las propiedades de los catalizadores con el objetivo de optimizar su desempeño. Un experto del Instituto Tecnológico de Celaya investigó dos procesos de fabricación de catalizadores de oro depositados sobre óxido de hierro [12]. Con rayos x de un sincrotrón pudo demostrar que el estado de oxidación del oro juega un papel muy importante en la combustión de monóxido de carbono. Pudo así distinguir cuál de los procesos de fabricación da como resultado un catalizador más eficiente.

Las baterías de Litio se encuentran en nuestra vida diaria tan integradas que pasan desapercibidas. Se les puede encontrar en dispositivos electrónicos y en algunos vehículos eléctricos. Para extender su uso se requiere atender problemas de costo, eficiencia, seguridad, potencia, capacidad específica y tiempo de vida entre otros. Por tanto es necesario entender su funcionamiento, para ello se han empleado técnicas capaces de monitorear cambios estructurales (rayos X-duros, microscopías electrónicas, etc.) pero no de monitorear la dinámica electrónica ni de iones. Con rayos X blandos es posible estudiar los estados electrónicos de los iones y materiales constituyentes de las baterías en el ánodo y cátodo (formados de C, metales, Li, etc.) incluso durante la operación de las baterías en tiempo real. Con ello se buscan obtener baterías más eficientes, rentables y seguras. Un investigador del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM ha participado en experimentos para caracterizar los estados de oxidación de los electrodos de baterías de litio en pleno proceso de carga o descarga [13].

La química verde propone inventar, diseñar y aplicar productos y procesos químicos para reducir o eliminar el uso y generación de sustancias peligrosas. Como parte de este esfuerzo se emplean biomateriales para generar energía. Un grupo de investigación del Instituto Tecnológico de Zacatepec, dirigido por un joven investigador, cuenta con destacados trabajos en el estudio de biomateriales con luz de sincrotrón [14]. En experimentos con luz ultravioleta han estudiado la dinámica de descomposición del biodiesel. Con rayos x estudian también los efectos de procesos de preparación del bagazo de caña de azúcar para producir etanol. Un punto que vale la pena destacar es que realizan esos experimentos en el sincrotrón de Taiwán.

VI. Patrimonio Histórico y Cultural.

México es un país con una gran riqueza en su patrimonio cultural. Las propiedades de los rayos x de un sincrotrón también son útiles para estudiar objetos de nuestro patrimonio. El Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural, con sede en el Instituto de Física de la UNAM, cuenta con amplia infraestructura para realizar estos estudios. Parte de los estudios de ese Laboratorio se realizan en fuentes de luz de sincrotrón. Por ejemplo, se pueden estudiar muestras de la joyería encontrada en el cenote sagrado en el sitio arqueológico de Chichén Itzá [15]. El mismo grupo también ha estudiado fósiles atrapados en

ámbar de Simojovel, Chiapas [16]. Con luz de sincrotrón pudieron estudiar los compuestos de azufre presentes en los insectos, sin necesidad de extraerlos. Los rayos x permitieron estudiar estos fósiles tal y cómo se preservaron en el ámbar.

VII. Cómputo de Alto Rendimiento.

Los experimentos que se hacen con luz sincrotrónica son cada vez más sofisticados, y producen voluminosos conjuntos de datos. Es muy importante contar con computadoras y programas que permitan procesar toda esta información de manera muy eficiente. Investigadores del Centro de Investigación de Materiales de Chihuahua son expertos en el desarrollo y la aplicación de programas para el análisis de resultados de experimentos con rayos x para obtener las posiciones de los átomos en compuestos de interés [17].

VIII. Panorama General.

Los casos seleccionados son de trascendencia para la solución de problemas importantes de la ciencia y del País. Los investigadores involucrados se encuentran trabajando en distintas instituciones de educación, investigación y desarrollo tecnológico de México. También ilustran que estos investigadores, cada uno en su área de especialidad, hacen uso eficiente e innovador de distintas técnicas asociadas al uso de la luz de sincrotrón.

Los investigadores o grupos de investigadores cubren una amplia geografía de México: Sonora, Chihuahua, Durango, Jalisco, Guanajuato, Distrito Federal, Morelos, Oaxaca, Chiapas y Yucatán. Las áreas de especialidad también son diversas: se muestran trabajos hechos por físicos, químicos, biólogos y científicos de materiales.

Otro elemento común de los ejemplos escogidos, además del uso de la luz de sincrotrón, es que para el análisis y la interpretación correcta de los resultados se emplearon, en mayor o menor medida, importantes recursos de cómputo. Se incluye también un ejemplo de las contribuciones hechas por investigadores de México en el área de programación intensiva para el análisis de los datos obtenidos en experimentos con luz sincrotrónica.

Después de esta breve presentación cabe hacerse la siguiente pregunta: Si como usuarios hemos logrado muy buenos resultados ¿qué será cuando tengamos el Sincrotrón Mexicano?

Referencias:

- [1] D. Burciaga-Valencia, C. Méndez, H. Esparza-Ponce, A. Beesley, M. Crespo, L. Fuentes-Cobas, L. Fuentes-Montero y M. Montero-Cabrera, *Revista Mexicana de Física*, vol. S 57, pp. 21-29, 2011.
- [2] M. López-Moreno, G. de la Rosa, J. HERNÁNDEZ-VIEZCAS, H. Castillo-Michel, C. Botez, J. Peralta-Videa y J. Gardea-Torresdey, *Environ. Sci. Technol.*, vol. 44, pp. 7315-7320, 2010.
- [3] J. Gardea-Torresdey, E. Rodríguez, J. Parsons, J. Peralta-Videa, G. Meitzner y G. Cruz-Jiménez, *Anal. Bioanal. Chem.*, vol. 382, pp. 347-352, 2005.
- [4] M. Cuéllar-Cruz, E. López-Romero, J. Villaqgómez-Castro y E. Ruiz-Baca, *Future Microbiol.*, vol. 7, pp. 755-771, 2012.
- [5] G. Gil-Alvaradejo, R. Ruiz-Arellano, C. Owen, A. Rodríguez-Romero, E. Rudiño-Piñera, M. Antwi, V. Stojanoff y A. Moreno, *Cryst. Growth Des.*, vol. 11, pp. 3917-3922, 2011.
- [6] R. Owen, E. Rudiño-Piñera y E. Garman, *PNAS*, vol. 103, pp. 4912-4917, 2006.
- [7] L. Brieba, B. Eichman, R. Kokoska, S. Doublíé, T. Kunkel y T. Ellenberger, *The EMBO Journal*, vol. 23, pp. 3452-3461, 2004.

- [8] J. Carrasco-Miranda, A. López-Zavala, A. Arvizu-Flores, K. García-Orozco, V. Stojanoff, E. Rudiño-Piñera, L. Briebe y R. Sotelo-Mundo, PLOS ONE, vol. 9, p. e94369, 2014.
- [9] A. Friedrich, B. Winkler, L. Bayarjargal, W. Morgenroth, E. Juárez-Arellano, V. Milman, K. Refson, M. Kunz y K. Chen, Phys. Rev. Lett., vol. 105, p. 085504, 2010.
- [10] M. Acosta-Alejandro, J. Mustre de León, M. Medarde, P. Lacorre, K. Konder y P. Montano, Phys. Rev. B, vol. 77, p. 085107, 2008.
- [11] D. Hernández-Cruz, C. Hargis, S. Bae, P. Itty, C. Meral, J. Dominowski, M. Radler, D. Kilcoyne y P. Monteiro, Cements & Concrete Composites, vol. 48, pp. 9-18, 2014.
- [12] G. Hutchings, M. Hall, A. Carley, P. Landon, B. Solsona, C. Kiely, A. Herzing, M. Makkee, J. Moulijn, A. Overweg, J. Fierro-González, J. Guzmán y B. Gates, Journal of Catalysis, vol. 242, pp. 71-81, 2006.
- [13] R. Quiao, Y. Wang, P. Olalde-Velasco, H. Li, Y.-S. Hu y W. Yang, Journal of Power Sources, vol. 273, pp. 1120-1126, 2015.
- [14] A. Quinto-Hernández, Y. Lee, T. Huang, W. Pan, R. Mata y A. Wodtke, J. Phys. Chem. Lett., vol. 2, pp. 2311-2315, 2011.
- [15] B. Cockrell, J. Ruvalcaba Sil y E. Ortíz Díaz, Archaeometry, 2014.
- [16] F. Riquelme, P. Northrup, J. L. Ruvalcaba-Sil, V. Stojanoff, D. P. Siddons, J. Alvarado-Ortega, Appl. Phys. A, vol. 116, pp. 97-109, 2014.
- [17] L. Fuentes-Montero, M. Montero-Cabrera y L. Fuentes-Cobas, J. Appl. Cryst., vol. 44, pp. 241-246, 2011.

Beneficios Sociales y Económicos del Proyecto del Sincrotrón Mexicano: La Experiencia Daresbury.

Brenda Valderrama Blanco. Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología del Gobierno del Estado de Morelos.

Un Sincrotrón es una instalación estratégica del más alto nivel y la información que ahí se genera se considera de vital importancia para la competitividad de un país. La construcción y puesta en operación de una fuente de Luz de Sincrotrón sería el proyecto científico de mayor envergadura que se ha propuesto en México con impacto en la generación de conocimiento, la formación de recursos humanos especializados, la difusión de los resultados y logros, la vinculación con la sociedad y con el sector productivo así como en la creación de empresas de base tecnológica de clase mundial.

¿CÓMO SE BENEFICIARÍA MÉXICO CON UNA FUENTE DE LUZ SINCROTRÓN?

La existencia de una Fuente de Luz Sincrotrón en México aceleraría el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país. Actualmente, los más de doscientos usuarios de Luz Sincrotrón mexicanos tienen que desplazarse a otros países para llevar a cabo sus experimentos. Esto no solamente eleva el costo de las investigaciones sino que, al tener que traspasar fronteras, los materiales a analizar sufren daños irreversibles y en ocasiones el costo de la pérdida es invaluable.

Aún más, tanto el diseño de los experimentos como la información que se genera de estas investigaciones debe ser compartida con los investigadores del país visitado, por lo se carece de confidencialidad. Desde la perspectiva de sectores vitales como el energético o el de salud, esta falta de soberanía reduce el margen de actuación del Estado.

En el área de salud pública, el poseer una Fuente de Luz Sincrotrón propia permitiría priorizar el desarrollo de tecnologías médicas de acuerdo a las necesidades genéticas de nuestra sociedad en lugar de dirigir esfuerzos a adaptar soluciones desarrolladas en otros países.

Como estudio de caso, una serie de situaciones externas aunada al surgimiento de la pandemia de influenza H1N1 ocasionaron la contracción histórica del 8% del Producto Interno Bruto en 2009. Estiman los analistas que la mitad de esta pérdida se debió a la tardía atención del brote de influenza. Habiendo sido México el primer país americano donde se identificaron casos, las muestras de estos pacientes eran de valor estratégico. A falta de un Sincrotrón en México, las

muestras fueron analizadas en otros países con menor agilidad que la que se le debiera haber otorgado con la consecuente incapacidad de generar una solución propia.

Finalmente, pero no por eso menos importante, se requiere impulsar la formación de capital humano de alta especialización tanto en diseño, construcción y operación de una instalación de este nivel y también se requiere ampliar el número de usuarios que puedan incorporar el conocimiento generado desde un Sincrotrón a la academia y a la industria.

¿QUÉ PAÍSES TIENEN UN SINCROTRÓN?

Los 14 países con las economías más fuertes del mundo cuentan ya con, al menos, un sincrotrón. México es la número 15. En América Latina, Brasil fue el primero en construir el NLLS y ya invirtió en el segundo, Sirius. Los países desarrollados están construyendo más sincrotrones desde 2001 a la fecha que en toda la historia. En todos los casos los estudios de relación costo-beneficio han recomendado ampliamente la inversión pública en estas instalaciones.

*Nueva tecnología (límite de difracción) – En estos momentos están en construcción cuatro sincrotrones más en Jordania, Irán, Sudáfrica y Brasil.

ÁREAS DE APLICACIÓN

QUÍMICA

El análisis de elementos químicos mediante rayos X permitirá la diversificación de métodos y la mejora de procesos de producción para adhesivos y lubricantes, películas anticorrosivas, preparaciones superficiales electroquímicas, películas hidrofóbicas y muchos otros compuestos.

CIENCIA DE MATERIALES

Será posible generar imágenes de la estructura tridimensional de materiales amorfos donde su comportamiento dependerá de la presencia de fases nano-cristalina o de impurezas químicas (dopping) y que no pueden ser estudiadas por métodos convencionales. La falta de una estructura cristalina es, sin embargo, extremadamente importantes en el comportamiento de estos materiales. La Luz de Sincrotrón también se usa en el estudio de aleaciones especiales para la industria aeroespacial, en la elucidación de la estructura molecular de catalizadores, semiconductores, superconductores y en cómo estas propiedades dependen de altas temperaturas o presiones.

MAGNETISMO

Técnicas que sólo pueden elaborarse en una Luz de Sincrotrón tales como dicroísmo circular magnético de rayos X suaves, son indispensables para elucidar la imagen de dominios magnéticos en películas delgadas y monocapas. Estos materiales son esenciales en sensores y en dispositivos de almacenamientos de datos. Adicionalmente, la Luz de Sincrotrón se usa para la detección "in situ" de microestructuras magnéticas.

CIENCIAS DE LA VIDA

La difracción de rayos X en tiempo real es una técnica única de Luz de Sincrotrón que se usa de manera rutinaria para el estudio de cambios estructurales y funcionales sufridos por moléculas biológicas como son ADN, proteínas y otros complejos macromoleculares en solución, así como para el estudio de la relación estructura-función de hormonas, enzimas y virus. Por ejemplo, la energía química es convertida en fuerza o movimiento por músculos y por otros sistemas biológicos. Las moléculas en los músculos sufren cambios conformacionales sutiles y rápidos es

solamente gracias a la Luz de Sincrotrón que podemos entender la secuencia de eventos moleculares responsables por la contracción muscular.

CRISTALOGRAFÍA MOLECULAR

Esta área es actualmente de la más alta actividad, tanto en el área académica como en la industrial. Como resultado de la cobertura completa del proyecto del genoma humano, ahora es posible cristalizar muchas macromoléculas biológicas íntimamente involucradas en fenómenos biológicos fundamentales como son la fertilización o el envejecimiento. La Luz de Sincrotrón ha resuelto la estructura atómica de muchas macromoléculas biológicas y continuará haciéndolo hasta que todas las proteínas codificadas por el genoma humano (alrededor de 50 mil) sean conocidas en su estructura. Un ejemplo importante de estos esfuerzos fue la resolución estructural del ribosoma, la maquinaria más importante en la célula, trabajo que fue reconocido con el Premio Nobel en Química 2009.

PROCESOS INDUSTRIALES

País	Número de sincrotrones operando	Nombre del o los sincrotrones
Estados Unidos	4	NSLS SSRL SURF CHESS
Alemania	3	ANKA BESSY II DELTA
Francia	2*	ESRF SOLEIL
Italia	2	ELETTRA DAFNE
China	2	NSRL BSRF
España	1	Alba
Australia	1	Australian Synchrotron
Dinamarca	1	ASTRID
Holanda	1	FELIX
Japón	1*	HSRC
Rusia	1	KSRS
Suecia	1*	MAX IV
Brasil	1*	NLLS (Sirius)
India	1	INDUS
Singapur	1	SSLS
Corea	1	PSL

En el pasado muchos procesos industriales tales como la producción de polímeros y cerámicas dependían del talento de experto y, muchas veces, en el azar. Actualmente estas industrias han desarrollado gran control y predictibilidad al realizar estudios de materiales y productos en un Sincrotrón. Otras aplicaciones industriales en áreas tales como electrónica (manufactura de microprocesadores), micro mecánica (manufactura de dispositivos micrométricos usados en aplicaciones médicas), industria aeroespacial (calibración de detectores), farmacéutica (estudios de relación estructura-función de fármacos) y aplicaciones ambientales (análisis de suelos y organismos contaminados).

¿ESTÁ MÉXICO PREPARADO PARA UN SINCROTRÓN?

- Nuestro punto de partida es mejor que el de Brasil (1988), España (1994), Jordania (~2010) y muchos otros países
- Contamos con cerca de 200 usuarios con experiencia en el uso de Luz de Sincrotrón que actualmente utilizan recursos públicos para viajar a otros países y llevar a cabo sus investigaciones.
- Se han preparado y se tienen identificados al menos una decena de científicos mexicanos con experiencia en el diseño y operación de sincrotrones.
- Existe compromiso explícito del estado de Morelos para albergar la primera fuente de Luz de Sincrotrón mexicana.
- Se cuenta con un comité científico nacional de primer nivel presidido por el Dr. Matías Moreno del Instituto de Física de la UNAM.
- Existe compromiso de los directivos de los sincrotrones de España (ALBA), USA (BNL, ALS), Unión Europea (Grenoble), Brasil, Australia, Reino Unido y Jordania quienes conformarían el comité científico internacional.

LA EXPERIENCIA DARESBUY

El laboratorio de Sincrotrón de Daresbury (SRS) localizado en Cheshire, Inglaterra, fue la primera fuente de Luz de Sincrotrón de segunda generación construida a ese país en 1975 en sustitución del sincrotrón NINA. El SRS llegó a contar con 38 líneas experimentales a un costo de operación aproximado de 20 millones de libras al año y terminó su vida útil en agosto de 2008 después de 28 años de operación. Al cierre del SRS se creó el Campus Daresbury de ciencia e innovación tecnológica en la cual coexisten más de 120 empresas con ventas anuales superiores a los 15 M £.

A continuación se describirá el impacto que tuvo esta inversión pública en diferentes áreas estratégicas.

DERRAMA ACADÉMICA

- Más de 2 millones de horas de ciencia, 4 mil tesis doctorales, 2 mil proyectos postdoctorales
- Colaboraciones con 25 países que dieron lugar a 5 mil artículos científicos
- Mil 200 estructuras de proteínas resueltas y formación de especialistas.
- El núcleo básico que formó a los especialistas estuvo conformado por un staff de 325 científicos. De ellos, cien transfirieron sus conocimientos a la academia, a la industria y a otros sincrotrones.

DERRAMA TECNOLÓGICA

- El SRS tuvo una cartera de 200 clientes institucionales, entre ellos el 48% de las empresas líderes R & D en el mundo.
- Se generaron 9 compañías que en la actualidad son proveedores de los nuevos sincrotrones en el mundo.

DERRAMA ECONÓMICA

- La inversión inicial para la construcción del Sincrotrón fue de 600 M£ (13,200 mdp).
- Al cierre del SRS se generó una derrama de 1,000 M£ (1.6 veces), con una cadena de 300 proveedores locales.
- Gracias al desarrollo tecnológico local se redujo el costo de Sincrotrón de Diamond (DLS) a sólo 400 M£ (33% menos).
- Algunas de las empresas generadas con el Sincrotrón de Daresbury son los contratistas para el DLS.

¿CÓMO IMPULSA UN SINCRÓTRÓN LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL?

Existen cuatro grandes áreas en las que el sector empresarial verá incrementadas su competitividad global gracias a la construcción de un Sincrotrón.

En el diseño y construcción

La respectiva industria nacional ha proporcionado servicios de diseño y construcción del edificio e instalaciones a los siguientes Sincrotrones generando capacidades de muy alto valor en el entorno internacional. México tiene buenos ingenieros y un proyecto de ésta magnitud potenciaría su calidad.

* Diseñado y construido por ingenieros de la Universidad Al Balqa' en asociación con la Industria nacional de construcción

Como proveedores de equipo especializado

La contribución de la industria nacional al equipamiento de sus respectivos Sincrotrones ha variado substancialmente ya que se requiere equipo con tecnologías de frontera. Estas tecnologías están dominadas por las grandes potencias en el ramo (China, Rusia, Alemania etc.). En general el equipamiento adquirido en el extranjero representa entre el 60 y el 70% del costo de equipamiento.

Un caso importante de mencionar es el de Sirius, el nuevo Sincrotrón Brasileño, donde las autoridades de este proyecto, en conjunto con el Gobierno nacional, iniciaron un programa de impulso a la Industria de frontera del País, que incluye subsidios para que las compañías locales desarrollen prototipos del equipo deseado bajo las especificaciones requeridas por el equipo científico y tecnológico del Sincrotrón. Las autoridades del Sincrotrón comprarían este equipo, si los prototipos desarrollados son competitivos en precio, calidad y plazos de entrega.

En la operación

Los Sincrotrones adquieren la mayoría de los bienes y servicios de la industria local y nacional entre ellos:

- Suministro de electricidad (que representa típicamente el 50% del presupuesto de operación de un Sincrotrón \$10-\$20 millones de dólares)
- Servicios locales de plomería, electricidad, información tecnológica
- Servicios generales (agua, gas, comunicaciones, seguridad etc.)

- Seguros
- Alimentos y servicios médicos
- Servicios para el turismo científico (hoteles, transporte etc.)
- Habitación para empleados y sus familias
- Escuelas, centros deportivos y otros servicios

Como usuarios de servicios científicos y tecnológicos

La mayor fortaleza del Sincrotrón está basada en los servicios que le proporciona a la Industria. Algunos ejemplos:

Colaboración entre el Sincrotrón y la Industria para prestación de servicios a terceros.

La participación de las empresas de base tecnológica puede alcanzar un nivel mayor si se realizan las adecuaciones jurídicas correspondientes en cuanto a la creación de Asociaciones Público Privadas (APPs) en las siguientes áreas:

Alianzas: Formación de empresas conjuntas para comercializar servicios o productos. Este es el caso de la empresa Kyma (<http://kyma.elettra.eu>) consorcio creado entre el Sincrotrón italiano Elettra y una empresa privada para vender onduladores.

Consultoría: Proporcionar servicios de consultoría para prestar servicios de investigación en Sincrotrón a terceros (utilizando técnicas de análisis dominadas por la empresa prestadora de servicios)

Sincrotrón	Costo aproximado (MDD)	Participación de industria local
Alba	\$110	95%
Sirius	\$70	95%
Australiano	\$105	95%
SESAME	\$40	100% *

Operación: Proporcionar servicios al Sincrotrón o a empresas específicas para el diseño, construcción y operación de líneas experimentales y sensores requeridos por una industria determinada (cemento, petróleo y gas etc.)

Capacitación: Formación de recursos humanos altamente calificados en el uso del Sincrotrón

Comercialización: Transferencia directa de tecnología (vía venta de patentes o alianzas) para que ésta sea producida y/o comercializada por la industria privada.

¿POR QUÉ CONSTRUIR EL PRIMER SINCROTRÓN MEXICANO EN MORELOS?

Morelos es, después del DF, el estado con más investigadores capacitados para el uso y aprovechamiento de una fuente de Luz de Sincrotrón en México.

Por su localización física, un Sincrotrón en Morelos daría servicio al área central del país, que alberga más del 60% de la investigación así como su cercanía a tres aeropuertos internacionales facilitaría el acceso de investigadores de otros estados y otros países.

Las investigaciones que se realizan en este estado cubren las áreas de Física Química, Ciencia de Materiales, Biología, Farmacología, Antropología, Conservación de Patrimonio, etc.

Las industrias potencialmente beneficiadas son reconocidas como área de oportunidad de la agenda de innovación estatal y esto permitiría la conjunción de esfuerzos.

La comunidad científica que suscribe el proyecto ha recibido apoyo de Graco Ramírez, Gobernador del Estado de Morelos, mediante el financiamiento del estudio científico y se ha comprometido a donar un terreno de al menos 10 hectáreas que presente las condiciones geológicas y técnicas necesarias.

RETOS

Industria	Servicios/ Investigaciones	Valor aproximado (MDD)
Automotriz	Propulsión de automóviles usando hidrógeno	\$300,000 para el 2050
Farmacéuticas	Nuevas medicinas	Varía de país a país (billones de dólares)
Salud	Nuevas técnicas de IVF	\$500 para el 2020
Alimentos	Identificación de las variedades de granos que retienen más valor nutricional después de ser procesadas	\$1,000 para el 2020
Petróleo y Gas	Confirmación de reservas probadas	Varia de país a país (billones de dólares)
Minería	Comprobación de reservas potenciales y probadas de Oro	Varia de país a país (billones de dólares)

El primer reto a superar es el desconocimiento de la sociedad sobre el tema y también la preocupación de la clase política hacia la inversión (alrededor de 20 mil millones de pesos) la cual no es común para un proyecto científico pero que se considera de rutina para otras acciones de infraestructura, en particular en el sector de comunicaciones. Por otro lado, el convencimiento generado en los sectores gobierno y sociedad debe ser profundo, pues se requerirá asegurar el financiamiento para la construcción durante los primeros diez años y posteriormente el presupuesto para la operación, que sería de aproximadamente 450 millones de pesos anuales. De manera paralela se deberán formar recursos humanos especializados en el diseño, construcción, operación y utilización de un sincrotrón por lo que sería deseable contar con un presupuesto específico durante el tiempo de la construcción.

De llevarse a cabo el proyecto, se logrará:

1. Formar una generación de ingenieros especializados en mega construcciones científicas de calidad global.
2. Que los científicos de todas las áreas del conocimiento tengan acceso a tecnologías habilitadoras que redundarán en más y mejores publicaciones.
3. Que se formen recursos humanos especializados volviéndose el Sincrotrón Mexicano un referente regional e internacional en áreas específicas de interés nacional.
4. Que la industria nacional cuente con laboratorios de alta especialidad para el desarrollo de nuevos productos a partir de tecnologías propias con impacto positivo en su competitividad global.
5. Desarrollar capacidades institucionales para la toma de decisiones, diseño estratégico y realización de megaproyectos de impacto nacional transexenales.
6. Comenzar la recuperación de la industria nacional mediante la generación de tecnologías de impacto mundial a partir del conocimiento proveniente de la comunidad científica.
7. Que México entre, por fin, a la economía del conocimiento.

¿Cómo Hacer Realidad en México una Fuente de Luz Sincrotrón?

Tomás Viveros García. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.

People have been innovating around the world for centuries: either inventing or challenging the status quo. Although inventions have been successful in silos or pockets, far-reaching and scalable innovation has most frequently occurred within organized and government-supported frameworks.

OSMAN SULTAN

Chief Executive Officer du Telecom, United Arab Emirates

La gente ha estado innovando en el mundo por siglos: ya sea inventando o retando al status quo. Si bien las invenciones han sido exitosas en silos o en los bolsillos, la innovación de mayor alcance y escalable ha ocurrido con mayor frecuencia dentro de estructuras organizadas y apoyadas por el gobierno.

OSMAN SULTAN

Director Ejecutivo, du Telecomm, Emiratos Árabes Unidos

Introducción.

Las participaciones anteriores de mis compañeros han dado un panorama importante sobre lo que es, para que sirva y que beneficios traería contar con una Fuente de Luz Sincrotrón mexicana. Importante resaltar entre otros la conjunción de esfuerzos desde la ingeniería las diferentes disciplinas que están involucradas en sus diferentes facetas; la aplicación en diferentes áreas y en consecuencia la relación con los sectores científicos, tecnológicos e industrial; y evidentemente una mejora sustancial y sostenida en la competitividad.

Antecedentes.

Ante el estancamiento de la economía nacional al igual que las economías de los países de Latinoamérica existe la noción de invertir exclusivamente en las necesidades primarias y dejar de lado el desarrollo, por lo que es conveniente y necesario poner en la mesa este tema y pensar en cómo lograr la **sociedad de conocimiento**. En ésta se considera al conocimiento como un principio estructurador de la sociedad moderna resaltando su importancia para la sociedad actual, para los cambios en la estructura económica y en los mercados laborales, para la educación y la formación.

Los resultados recién publicados por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) del Índice Mundial de Innovación 2015 ubica a México en la posición 57 de 141 países. Si bien representa una mejora con el año 2014 en donde ocupó el lugar 66, es el tercer lugar de los países latinoamericanos después de Chile (42) y Costa Rica (51).

Siendo una de las 15 mayores economías del mundo su posición en Innovación no es adecuada. Uno de los elementos que considera el mencionado índice es la sofisticación empresarial donde

ocupa la posición 56 mientras que en el desarrollo de clusters y colaboraciones en investigación entre universidades e industria ocupa el 42.

Es importante mencionar a la ministra de Propiedad Intelectual y Subsecretaria del Departamento de Empresas, Innovación y Calificaciones del Reino Unido, quien dice, ante el resultado sobre el Reino Unido que ocupa el segundo lugar en este índice, “el país cuenta con lo mejor a lo que puede aspirarse en las ciencias y la investigación: a pesar de que nuestra población representa menos del uno por ciento de la población mundial se le atribuye el 16% de las investigaciones publicadas de mayor calidad”. Estas palabras indican una honda preocupación por la ciencia y el interés por cultivarla como un elemento importante para el desarrollo tecnológico y la innovación. Y el desarrollo económico ha tenido como motor el desarrollo científico e industrial.

En nuestro país la inversión en ciencia y tecnología ha tenido un rezago histórico que lo sitúa por debajo del 1% del PIB (0.6% en 2015) lo cual no ha ayudado al despegue tecnológico.

Más aun la mayor parte de estos recursos han sido destinados al gasto corriente y poco a la inversión en infraestructura. Los datos de un estudio del poder legislativo muestran que los recursos destinados a la inversión en infraestructura ocupan un porcentaje pequeño en los recursos totales del sector. Esta situación se agrava cuando se considera la participación del sector privado y los bajos recursos que le destinan al desarrollo tecnológico y la innovación.

Elementos de Oportunidad y Colaboración.

Financiamiento

En las economías de mercado la inversión en I+D la realizan tres entidades: las empresas, para ampliar su presencia en los mercados, aumentando la competitividad y productividad, las Universidades encargadas de realizar investigación científica y tecnológica; el sector privado a través de las organizaciones sin fines de lucro y el estado.

No. Ramo	Denominación del ramo	Gran Función	2014 PEF	2015 PPEF	2015 PEF	Diferencial 2015 PEF - 2014 PEF	Diferencial 2015 PEF - 2015 PPEF	2015 PPEF / 2014 PEF	2015 PEF / 2014 PEF	2015 PEF / 2015 PPEF
			Millones de pesos				Variación real.			
8	SAGARPA	3.- Desarrollo Económico	5,649.72	5,749.73	5,749.51	99.78	- 0.22	1.77	1.77	-0.00
9	Comunicaciones y Transportes		290.30	289.95	289.95	- 0.35	-	-0.12	-0.12	-
10	Economía		338.72	325.52	325.52	-13.19	-	-3.90	-3.90	-
11	Educación Pública		10,805.97	13,672.80	13,776.70	2,970.73	103.90	26.53	27.49	0.76
12	Salud		2,039.89	2,157.34	2,161.94	122.05	4.60	5.76	5.98	0.21
16	SEMARNAT		528.53	524.93	524.93	- 3.60	-	-0.68	-0.68	-
18	Energía		830.73	821.69	821.69	- 9.04	-	-1.09	-1.09	-
23	Provisiones Salariales y Económicas		4,610.90	4,913.60	4,886.20	275.30	-27.40	6.56	5.97	-0.56
38	CONACYT		31,086.32	33,706.67	33,706.67	2,620.34	-	8.43	8.43	-
Total de la Función por Ramos			56,181.09	62,162.23	62,243.11	6,062.02	80.87	10.65	10.79	0.13
No. Sf.	Subfunción	Destino del Gasto (Subfunción)								
01	Investigación Científica	3.- Desarrollo Económico	41,123.48	45,518.57	45,626.85	4,503.37	108.27	10.69	10.95	0.24
02	Desarrollo Tecnológico		1,622.42	1,692.66	1,692.66	70.24	-	4.33	4.33	0.00
03	Servicios Científicos y Tecnológicos		3,159.41	3,576.66	3,576.66	417.24	-	13.21	13.21	-
03	Función Pública		89.97	91.98	91.98	2.00	-	2.23	2.23	-
04	Innovación		10,185.81	11,282.37	11,254.97	1,069.16	-27.40	10.77	10.50	-0.24
Total de la Función por Destino del Gasto			56,181.09	62,162.23	62,243.11	6,062.02	80.87	10.65	10.79	0.13

Elaborado por la Subdirección de Análisis Económico de la Dirección de Servicios de Investigación y Análisis adscrito a la Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis de la Cámara de Diputados con información del Proyecto y el Presupuesto de Egresos de la Federación.
PEF/ Información obtenida del Presupuesto de Egresos de la Federación y corresponde al presupuesto aprobado por la Cámara de Diputados.
PPEF/ Información obtenida del Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación y corresponde al presupuesto propuesto por el Ejecutivo Federal y está sujeto a la aprobación de la Cámara de Diputados.

Es importante definir el campo de acción donde el estado debe financiar los gastos en I+D. De acuerdo con la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico los países que más gastan en Ciencia Tecnología e Innovación en 2013 fueron, como proporción del PIB, Israel 4.213%, Suecia 3.302%, Corea 4.149%, Finlandia 3.309%, Singapur 2.6%, mientras México destinó 0.544%.

En el 2015 la Cámara de Diputados aprobó un gasto de 62243.11 millones de pesos, tal como puede verse en la tabla inmediata (Cuadro 1), de los cuales el mayor monto correspondió a CONACYT con 33706.67 mdp, y el resto distribuyéndose en diferentes secretarías de estado.

En un análisis del presupuesto público federal para la FUNCIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, 2014-2015, realizado por la Cámara de Diputados, se reporta que el presupuesto asciende a 0.34% y se observa un marcado predominio del gasto corriente sobre el gasto de capital. En el año 2015, del gasto total aprobado para esta Función, el 78.30% corresponde a gasto corriente (servicios personales, gastos de operación como papelería y cómputo y subsidios) y 21.70% a gasto de capital (gasto de inversión para la modernización y ampliación de las actividades), distribuido de la siguiente manera (Cuadro 2):

- Para Investigación Científica el 69.85% fue para gasto corriente y el 3.46% para gasto de capital;
- Para Desarrollo Tecnológico el 2.59% fue para gasto corriente y el 0.13% para gasto de capital;
- Para Servicios Científicos y Tecnológicos el 5.69% fue para gasto corriente y el 0.05% para gasto de capital;
- Para Función Pública el 0.15% fue para gasto corriente; y
- Para Innovación el 0.02% fue para gasto corriente y el 18.07% fue para gasto de capital

No. Ramo	Denominación del ramo	Gran Función	2014 PEF	2015 PPEF	2015 PEF	Diferencial 2015 PEF - 2014 PEF	Diferencial 2015 PEF - 2015 PPEF
Millones de pesos							
8	SAGARPA	3.- Desarrollo Económico	0.03	0.03	0.03	-0.00	-0.00
9	Comunicaciones y Transportes		0.00	0.00	0.00	-0.00	-
10	Economía		0.00	0.00	0.00	-0.00	-
11	Educación Pública		0.06	0.07	0.08	0.01	0.00
12	Salud		0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
16	SEMARNAT		0.003	0.003	0.003	-0.000	-
18	Energía		0.005	0.004	0.004	-0.000	-
23	Provisiones Salariales y Económicas		0.03	0.03	0.03	0.00	-0.00
38	CONACYT		0.18	0.18	0.18	0.01	-
Total de la Función por Ramos			0.32	0.34	0.34	0.02	0.000
No. Sf.	Subfunción	Destino del Gasto (Subfunción).					
01	Investigación Científica	3.- Desarrollo Económico	0.23	0.25	0.25	0.02	0.00
02	Desarrollo Tecnológico		0.01	0.01	0.01	0.00	-
03	Servicios Científicos y Tecnológicos		0.02	0.02	0.02	0.00	-
03	Función Pública		0.001	0.001	0.001	-0.000	-
04	Innovación		0.06	0.06	0.06	0.00	-0.00
Total de la Función por Destino del Gasto			0.32	0.34	0.34	0.02	0.00

Elaborado por la Subdirección de Análisis Económico de la Dirección de Servicios de Investigación y Análisis adscrito a la Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis de la Cámara de Diputados con información del Proyecto y el Presupuesto de Egresos de la Federación. PEF/ Información obtenida del Presupuesto de Egresos de la Federación y corresponde al presupuesto aprobado por la Cámara de Diputados. PPEF/ Información obtenida del Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación y corresponde al presupuesto propuesto por el Ejecutivo Federal y está sujeta a la aprobación de la Cámara de Diputados.

Si bien los montos mencionados son altos, estamos lejos de poder alcanzar las metas de 1% del PIB tal como se establece en la Ley de Ciencia y Tecnología. Más aún es también preocupante que el gasto en Ciencia, Tecnología e Innovación sea en una gran proporción destinado a gasto corriente y que la inversión en infraestructura científica y tecnológica sea insuficiente. Si bien en los últimos años se ha notado un esfuerzo por introducir mejoras en esta dirección a través de algunos programas de CONACYT, considero que aquí hay una gran oportunidad de incrementar la productividad y competitividad del país.

De manera específica el proyecto de construcción de una Fuente de Luz Sincrotrón (FLS) tendría un costo aproximado de 500 millones de dólares, el cual sería invertido en un periodo de 8 a 10 años.

Esta situación lleva a pensar que para la construcción de una FLS se requiere un financiamiento del estado por un periodo mayor que el de un sexenio, que el financiamiento sea oportuno y que el manejo del mismo sea flexible en el sentido de poder trascender ejercicios fiscales anuales. Lograr estas condiciones es posible si los diferentes actores (poderes ejecutivo y legislativo) lo acuerdan.

Sobre los Usos del Sincrotrón

Un Fuente de Luz Sincrotrón es un acelerador de partículas (electrones generalmente) en forma de anillo que sirve para generar rayos X.

Ventajas: en primer lugar “son fuentes mucho más brillantes, lo cual es útil porque permite estudiar muestras de tamaño pequeño como cristales difíciles de sintetizar o células”.

La segunda ventaja es que se puede seleccionar la energía de los rayos X en un rango muy amplio. “Gracias a esta característica se puede hacer ciencia muy diversa utilizando radiación de sincrotrón” declara Silvia Ramos del Sincrotrón Diamond.

Los sincrotrones son los caballos de batalla de la “ciencia de rayos X” actual. La gran mayoría de las estructuras de proteínas registradas en el “Protein Data Bank”, el cual es un registro con la gran mayoría de estructuras conocidas, se han obtenido en sincrotrones, y la estructura de la doble hélice del ADN fue descubierta con técnicas de difracción de rayos X a inicios de los años 50 del siglo XX.

Aquí se han dado ejemplos de aplicaciones en diferentes disciplinas tales como:

Investigación química: el análisis de los compuestos químicos permite la mejora de los procesos químicos en ámbitos tales como la producción de materiales como adhesivos, lubricantes,

Investigación de materiales especializados: los rayos sincrotrón permiten el estudio en 3D de moléculas y proteínas que no habrían podido ser estudiadas de otra manera;

Magnetismo: la luz de sincrotrón es muy importante para estudiar todo lo relacionado con el magnetismo, como el estudio del dicroísmo en rayos X;

Investigación en ciencias de la vida: ¿cómo infecta un virus a una célula? ¿cómo se convierte la energía química en movimiento de un músculo?

Materiales como proteínas, hormonas, macromoléculas, fármacos, polímeros son estudiados en un sincrotrón

La oportunidad de mencionar nuevamente estas aplicaciones es para hacer notar la diversidad de ramas en las que los sincrotrones ya están siendo empleados y resaltar que en estos espacios se generan ambientes inter y multidisciplinarios en los que convergen investigadores de diversas disciplinas para atender, entender y resolver problemas complejos.

Los beneficios que se generan en este ambiente son cuantiosos y se pueden nombrar al menos:

1. Formación de recursos humanos y generación de conocimiento

2. Participación y retornos industriales en diferentes áreas: tecnologías de vacío, electrónica, bajas temperaturas, nuevos materiales...
3. Tecnologías de la información
4. La cooperación nacional e internacional

Los beneficios se notan desde la conceptualización del sincrotrón, su planteamiento, el diseño conceptual y el ingenieril y en todas las etapas de construcción.

Para la realización y obtención de estos beneficios se requiere conjuntar la participación de técnicos, ingenieros, científicos de las más variadas disciplinas y esto trae en consecuencia la mejora de procesos, la generación de nuevas empresas y la modernización de las que participen y la formación de técnicos especializados que podrán en un futuro desplegar sus conocimientos y capacidades en otros ámbitos.

Resumen.

De lo aquí expuesto podemos concluir que:

- i) Estamos proponiendo la construcción de un gran instalación científica, que constituye un proyecto nacional que atiende a las ciencias, la tecnología y la innovación;
- ii) Para lograr este proyecto es necesaria la suma de fuerzas de investigadores, de empresarios y políticos y conlleva la propuesta de políticas colegiadas para la toma de decisiones;
- iii) Se requiere el financiamiento del estado, con el que se deberá contar de manera continua y expedita y requiere acuerdos al más alto nivel para la toma de decisiones.

REFERENCIAS

García Hernández, Samara, Investigación y Desarrollo, No. 334, Año XXIII, Septiembre 2015.

Tépach, M. Reyes, El presupuesto Público federal para la FUNCIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 2014-2015, Dirección de Servicios de Investigación y Análisis, Cámara de Diputados, LXII Legislatura, Febrero 2015.

<http://www.dicyt.com/noticias/el-impacto-de-un-sincrotron-sobre-la-produccion-cientifica-de-un-pais-puede-ser-enorme>

Krüger, Karsten, El concepto de sociedad del conocimiento, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Vol. XI, nº 683, 25 de octubre de 2006.

The Global Innovation Index, WIPO, INSEAD and Cornell University, 2015.

¿Cuál es la Experiencia Internacional en Fuentes de Luz Sincrotrón?

Guadalupe de la Rosa. Universidad de Guanajuato.

En el mundo existen alrededor de 70 sincrotrones en diferentes estadios de desarrollo, esto significa que algunos están operando y otros están en construcción. No todos se utilizan para investigación y desarrollo tecnológico, algunos están dedicados a la investigación fundamental (física teórica) (Figura 1). En los últimos 15 años se han puesto en marcha un total de 25 nuevas fuentes de luz alrededor del mundo.



Figura 1. Mapa de sincrotrones del mundo
(<http://www.diamond.ac.uk/Home/About/Synchrotrons/World/largemap.html>)

Es importante destacar que de las 15 principales economías en el mundo, México es el único país que no cuenta con este tipo de instalaciones, lo que nos pone en una gran desventaja con respecto a aquellos que sí las tienen. En el continente americano, solamente Estados Unidos, Canadá y Brasil tienen sincrotrones. En Estados Unidos hasta este momento, cuentan con 7,

Canadá con una y Brasil con una, sin embargo éste último está invirtiendo en una segunda fuente de luz llamada Sirius (Tabla 1)

Nombre	País	Sitio web
Laboratorio Nacional de Luz Sincrotron	Brazil	www.lnls.br/
Canadian Light Source	Canada	www.lightsource.ca
Advanced Light Source	USA	www-als.lbl.gov/
Advanced Photon Source	USA	www.aps.anl.gov
Center for Advanced Microstructures and Devices	USA	www.camd.lsu.edu/
Cornell High Energy Synchrotron Source	USA	www.chess.cornell.edu/
National Synchrotron Light Source II	USA	www.bnl.gov/ps/
Stanford Synchrotron Radiation Lightsource	USA	www-ssrl.slac.stanford.edu
Synchrotron Ultraviolet Radiation Facility	USA	physics.nist.gov/MajResFac/SURE

Tabla 1. Nombres de los sincrotrones en el continente americano y país en el que se encuentran localizados

Experiencias Internacionales Diversas.

DIAMOND (Reino Unido, 2002)

Es una organización sin fines de lucro financiado por el gobierno del Reino Unido a través del Consejo de Instalaciones de Ciencia y Tecnología (STFC) en conjunto con la Wellcome Trust (fundación dedicada a apoyar Proyectos en salud). Cada año, cerca de 3000 investigadores tanto de la academia como de la Industria utilizan estas instalaciones que cuentan con un staff de 500 personas.

ALBA (España, 2010)

En el 2003, el proyecto del **Sincrotrón ALBA fue aprobado y financiado a partes iguales entre la administración catalana y española.** (inicio en 1990)

Para esto, se creó el Consorcio para la Construcción, Equipamiento y Explotación del Laboratorio de Luz de Sincrotrón (CELLS). Tiene una capacidad para atender 1000 investigadores

Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL; USA, 1992)

En 1962 se construye el Acelerador lineal (SLAC) y en 1973 se comienza a operar la fuente de luz de SSRL en modo "parásito". Finalmente en 1992 SSRL es dedicado a usuarios. SSRL es una dirección del SLAC, funciona como una oficina de Ciencia. El SSRL pertenece al Departamento de Energía de los EUA y es operado por la Universidad de Stanford. Atiende un promedio de 1500 investigadores por año.

European Synchrotron Radiation Facility. (Francia, 1994)

ESRF es un modelo de cooperación internacional conformado por 21 Países de los cuales 13 son países Miembros (Francia; Alemania, Italia, Reino Unido, Rusia, España, Suiza, Benesync

(Bélgica y Países Bajos), Nordsync (Dinamarca, Finlandia, Noruega, Suecia) y 8 son países Asociados (Israel, Austria, Polonia, Portugal, Centralsync (República Checa, Hungría, Eslovenia) y Sudáfrica. La diferencia radica en el porcentaje de aportación del país y los derechos a voz y voto en el consejo.

Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón. (Brasil, 1997).

En 1979 se presenta la propuesta para construir un sincrotrón por parte de la Sociedad para el Avance de la Ciencia en Brasil. Después de varios intentos se lleva a cabo el proyecto y las operaciones de LNLS inician en 1997. Esta fuente de luz forma parte del Centro Brasileño para la Investigación en Energía y Materiales (CNPEM) que está conformado por el LNLS, el Centro Brasileño de Ciencia y Tecnología del Bioetanol(CTBE), el Laboratorio Brasileño de Biociencias (LNBio) y el Laboratorio Brasileño de Nanotecnología (LNNano).

El CNPEM es un centro privado de investigación y desarrollo financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

SESAME. (Jordania)

En los años 80's se reconoce la necesidad de tener un sincrotrón en el oriente medio. En los 90's se establece un modelo de cooperación regional similar al CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear) con la finalidad de establecer cooperación en ciencia, fomentar la solidaridad y la paz.

En los años 90's se propuso por parte de Gustaf-Adolf Voss y Herman Winick construir la fuente de luz a partir de los componentes de BESSY I (Alemania)

Auspiciado por la UNESCO (aprobado en el 2002).

En conclusión cada sincrotrón tiene su propia historia y su propia forma de organización y administración. De esta misma manera, las capacidades de cada una de las fuentes de luz existentes son diferentes, lo que permite realizar un sinnúmero de tipos de experimentos. Esto se debe a que en general, el haz de luz es diferente, tiene sus propias características, por ejemplo, la brillantez. El equipo y la instrumentación son extremadamente variados, lo que fomenta la competencia constructiva y la colaboración entre este tipo de facilidades. Más aún, en cierta manera, cada fuente de luz desarrolla más algunas áreas que otras, dependiendo de las necesidades y requerimientos del entorno. Así, por ejemplo, el *Canadian Light Source* tiene una fuerte componente de servicio a la industria minera. Los sincrotrones en o cerca del Silicon Valley aportan su expertise a áreas como las tecnologías de la comunicación, la energía y los materiales. Por otro lado, el European Synchrotron Radiation Facility provee servicios importantes a firmas farmacéuticas y es imprescindible para estudios y experimentos involucrados en la conservación del Patrimonio Cultural.

Cooperación Científica y Tecnológica.

Existen varios modelos de cooperación científica y tecnológica, sin embargo y a reserva de continuar con el diálogo con los sincrotrones del mundo, pareciera que para el momento actual y entretanto se construye el sincrotrón en México, el colaborar con ALBA y el ESRF es la mejor opción. En el caso de ALBA, los directivos han expresado el interés para que México: (a) construya una línea y/o (b) se adhiera como país miembro. En cuanto a ESRF, la opción de cooperación y/o colaboración considera el que México se adhiera como país miembro o país asociado. En la Red Temática Mexicana: Usuarios de Luz Sincrotrón, creemos que estos debieran ser los primeros pasos a considerar en la construcción de una fuente de luz mexicana. Por otro

lado, usualmente se puede considerar la modificación o adaptación de la instrumentación de las líneas de experimentación para que el usuario pueda realizar análisis, siempre y cuando el usuario a través de su institución haga la inversión.

Cabe mencionar que gracias al apoyo de diversos organismos internacionales, México ha llevado a cabo investigaciones en donde se apliquen técnicas de luz sincrotrón, en modalidades de cooperación con otros países para temas que son de interés común al grupo. Tal es el caso del financiamiento otorgado por la Agencia Internacional de Energía Atómica a la Universidad de Guanajuato para llevar a cabo un proyecto coordinado con otros 10 países que incluyen Bélgica, Canadá, China, Francia, Italia, Jordania, Mongolia, Eslovenia, Sudáfrica y Ucrania. El Centro Internacional para la Física Teórica es otra instancia que ha aportado recurso para que mexicanos realicen experimentos particularmente en el Sincrotrón Elettra de Italia.

Otros Aspectos de Relevancia Internacional.

Premios Nobel

Al ser un sincrotrón una facilidad en donde se puede analizar la materia y obtener información que no se puede obtener con ninguna otra herramienta existente, y a un nivel extremadamente fino, el impacto que se tiene en la calidad de las investigaciones es de extrema relevancia. Así, diversas fuentes de luz han contribuido con trabajos que han culminado en premios nobel. Por ejemplo, Lawrence Berkeley National Laboratory cuenta 13, Stanford Synchrotron Radiation Laboratory con 5 y el European Synchrotron Radiation Laboratory con 5.

Industria

Un gran número de compañías internacionales utilizan los servicios de las fuentes de luz ya que los datos obtenidos permiten realizar mejoras en los procesos y productos. Cada uno de estos laboratorios impacta de manera impresionante. Si tan solo tomamos un ejemplo, veremos que el **Advanced Photon Source (USA)** tiene acuerdos con más de 230 compañías, entre las que se pueden mencionar: Chevron, 3M, Amoco, Bayer, Caterpillar, E.I. DuPont de Nemours & Co., Exxon, Ford Motor Co., GE Global Research Center, General Motors, Intel, Kraft Foods Technology Center, Monsanto, Packer Engineering, Texas Instruments, Westinghouse Electric, y varias firmas farmacéuticas, entre otros.

Piensa global, actúa local

Para ser competitivos a nivel internacional, es necesario serlo primero a nivel local. Un estudio del Lawrence Berkeley National Laboratory indica que esta facilidad genera una derrama económica anual de \$700 millones USD. El Laboratorio fue responsable de crear 5,600 empleos locales y 12,000 nacionales. Adicionalmente, las nuevas tecnologías desarrolladas en el BL han generado billones de dólares en ganancias y miles de nuevos empleos.

Conclusiones.

Estamos aprendiendo de la experiencia internacional
Existen varios modelos para el establecimiento de fuentes de luz
Creemos que en México este debe ser un proyecto nacional
Es muy importante la cooperación y colaboración y para ello hay expresión de interés en el extranjero.

Plan de Desarrollo para la Fuente de Luz Sincrotrón Mexicana.

Matías Moreno. Instituto de Física, UNAM.

Temas.

- La duración del proyecto y sus etapas.
- Alineación política y científica.
- Etapas y costos: financiamiento oportuno.
- Conformar un grupo técnico Nacional y un Comité Asesor-Supervisor Internacional
- Formación de recursos humanos
- Colaboración con fuentes de luz sincrotrón ya existentes
- Lineamientos de gestión y operación.

Duración del Proyecto.

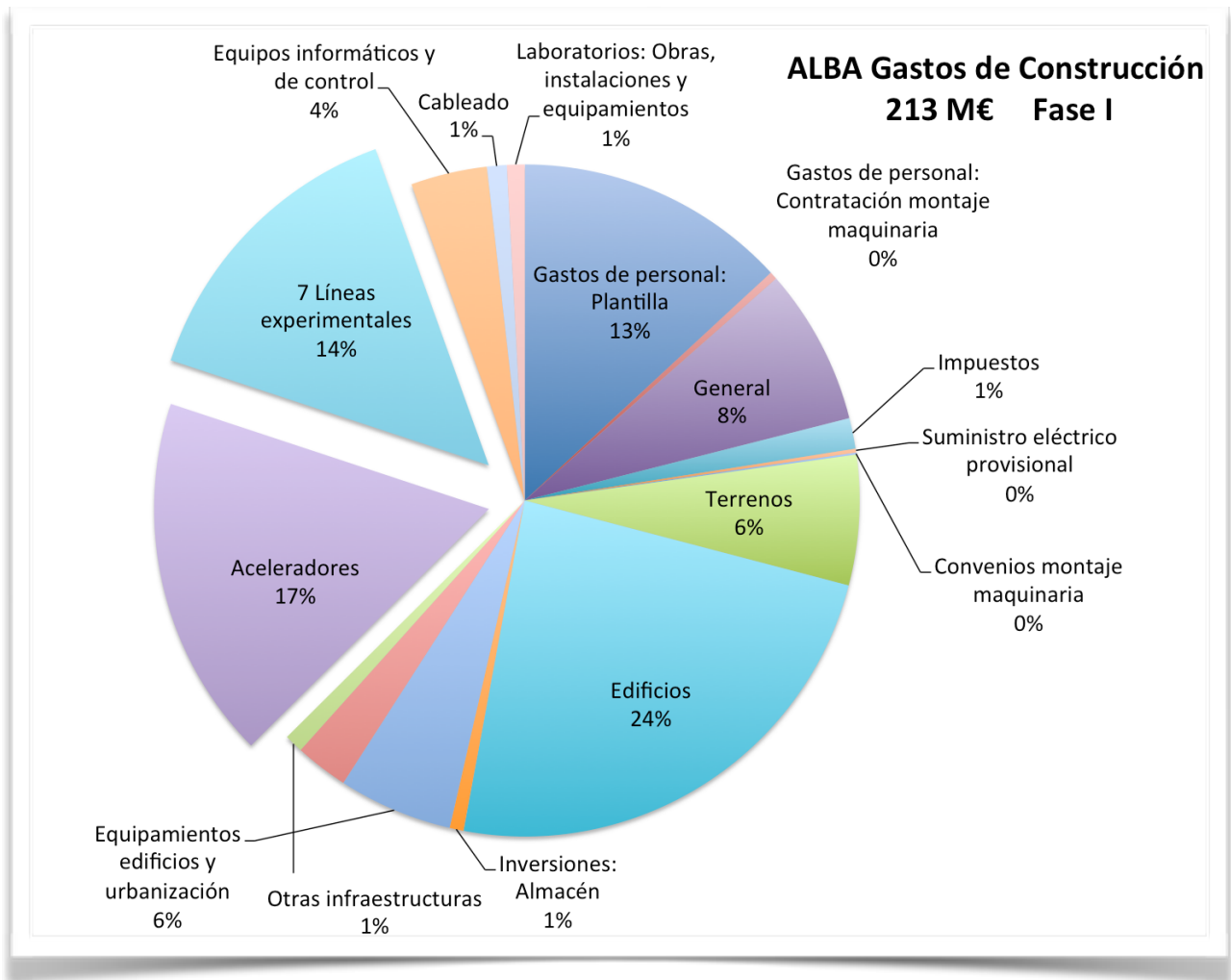
La primera fase es una fase de diseño y construcción de los aceleradores y las instalaciones de apoyo. Esta etapa dura de 8 a 10 años e incluye el diseño y construcción del 20% al 30% de las líneas experimentales .

La segunda fase, que es la explotación y crecimiento, con una duración de 10 a 15 años. En ella se continúa la construcción de líneas y eventualmente se saturan las líneas experimentales del diseño original de la Fuente de Luz de Sincrotrón (FLS).

Finalmente en una tercera fase que sigue siendo de explotación pero en la que 25 años después de diseñarla habrá que actualizar el sincrotrón mismo. Esta, al igual que la segunda fase, debería de mantener la Fuente de Luz de Sincrotrón otros 10 a 15 años adicionales.

Veamos ahora un poco más de cerca el gasto de construcción en la primera fase: La experiencia internacional indica que en porcentaje del gasto total que se requiere año con año sigue un patrón parecido en los sincrotrones construidos en la última década. En la figura de la siguiente página se presenta una gráfica de tipo pastel en donde se muestra el gasto de inversión de ALBA, la FLS española.

La primera cosa que hay que destacar en esta gráfica, es que un 70% es inversión totalmente hecha de proveedores nacionales. Por otra parte estimamos en el 30% restante, correspondiente a la construcción de las líneas experimentales y de los aceleradores, es un gasto que deberá que ser compartido entre gastos hechos fuera de nuestro país y gastos nacionales. Sobra recalcar que desde la etapa de diseño y construcción se buscará maximizar la participación de empresas establecidas en el país con el objeto de impulsar el desarrollo y la asimilación de tecnologías de punta.



Veamos ahora el Gasto de inversión en ALBA que, como mencionamos antes, es similar al de otras FLS modernas. En gráfica de la página siguiente se muestra la variación anual en inversión. Este ejemplo es relevante porque España logró, creando métodos de gestión y garantizando el financiamiento, tener la construcción y la operación del sincrotrón dentro de presupuesto y dentro del tiempo que se planteó originalmente para construir. De manera notable se incluye en esta gráfica una parte de planeación correspondiente a los dos primeros años y en donde se invierte alrededor de 6 millones de euros.

En el tercer año se emplean 25 millones de Euros y en el cuarto alrededor de 21 millones de Euros, es una inversión dominada por la obra civil. En el quinto año crece el gasto de inversión porque es cuando se empiezan a construir y/o a instalar los equipos experimentales y los aceleradores que producen el haz de electrones y con ellos la luz de sincrotrón. En este quinto año se tiene una inversión de cerca de 50 millones de euros.

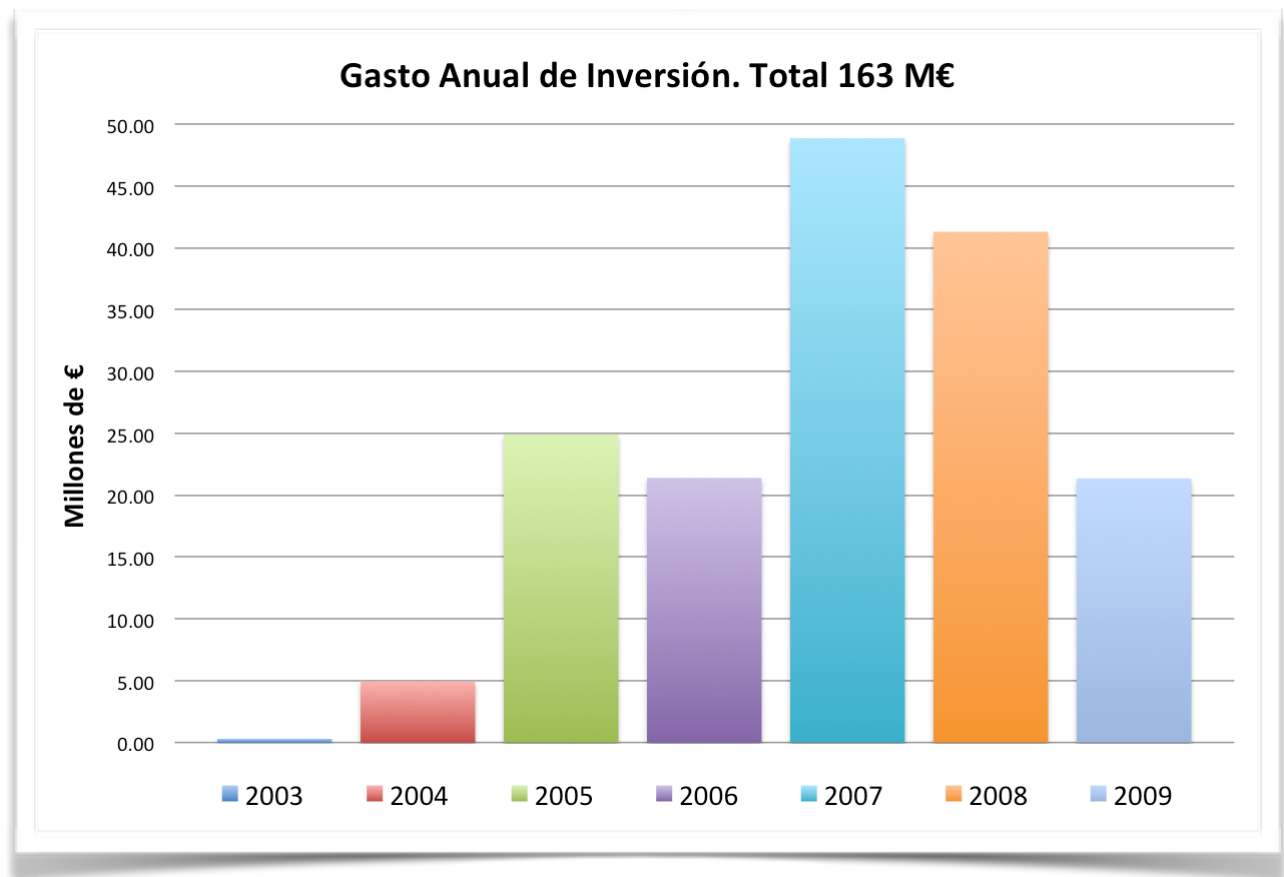
Para el sexto año, se tiene una inversión ligeramente menor de 42 millones de euros. Finalmente la inversión en el séptimo año es de alrededor de 21 millones de euros para un costo final de cerca de 215 millones de euros si se incluye el gasto corriente de unos 50 millones de Euros en siete años.

Es importante destacar que la tecnología de las Fuentes de Luz Sincrotrón se ha desarrollado vertiginosamente en los 8 años recientes y una gran cantidad de aquellas construidas en los 25

años recientes ha decidido actualizarse. Esta observación es importante por dos razones. La primera es que hay una ventana de oportunidad para construir en nuestro país una FLS de frontera que competiría con una decena de FLS de clase mundial y, por otra parte, el avance científico tecnológico en el área permite hacerlo con un aumento de costo razonable. Nuestra estimación actual es que la primer FLS mexicana costará 500 millones de dólares.

Este patrón de gasto es básicamente un comportamiento que se repite de un sincrotrón exitoso al siguiente, distintos sincrotrones tienen un gasto total final que depende del tipo y tamaño de la Fuente de Luz pero la estructura de la curva es semejante en todos los casos.

Una vez puesto en marcha la FLS el gasto de operación e inversión se estabilizó en unos treinta millones de euros.



Financiamiento y Gestión.

El proyecto requiere de una serie de elementos singulares para hacer correcta la estimación de presupuesto y el tiempo de diseño y construcción. Si cualquiera de estas dos variables falla, una repercute sobre la otra y no sería posible cumplir el plan propuesto.

La parte de planificación, como se menciona arriba, lleva un año y en él se genera principalmente el Proyecto Técnico Detallado. Con éste se requiere un año adicional para tener el Proyecto

Ejecutivo de carácter arquitectónico y de ingeniería, al tiempo que se inician las labores de urbanización del sitio.

Hay 50 experiencias alrededor del mundo y ciertamente las más cercanas a nuestro modo de operar y de conducir el país, son las experiencias de España y de Brasil. Estas experiencias las hemos estudiado a fondo y de ellas hemos extraído lecciones muy importantes.

En particular, hay que resaltar características de la gobernanza de las fuentes de luz española y brasileña. Ellas requirieron la puesta en práctica de un nuevo tipo de colaboración entre el gobierno y la empresa privada. Esencialmente en Brasil se creó un concepto que se llama empresa social y en España se formó un consorcio de tipo federal-provincial-privado. Estas últimas guardan semejanzas con las Asociaciones Público Privadas en México. En este marco se crearía una asociación mixta y el gobierno, que es parte de la asociación, vigila y aprueba los planes y proyectos propuestos. La conducción de los cuales recae en la asociación misma. A la FLS se le asignarían tareas a ejecutar que se revisarían periódicamente para garantizar que el proyecto va fluyendo de acuerdo a lo planeado.

Esto claramente con la supervisión y la auditoría de parte del Gobierno Federal y de los demás asociados. La principal ventaja es la flexibilidad que se le brinda a la buena marcha del proyecto. Para esto también se requiere tener la supervisión y la validación de cada una de las etapas, para lo cual se necesita a su vez un Grupo Técnico Nacional del más alto nivel que garantice que los plazos y las promesas, de carácter técnico, que haga el comité ejecutivo que lleva el proyecto se conviertan en realidad. También debe haber un comité asesor internacional que garantice el nivel y la calidad global del proyecto.

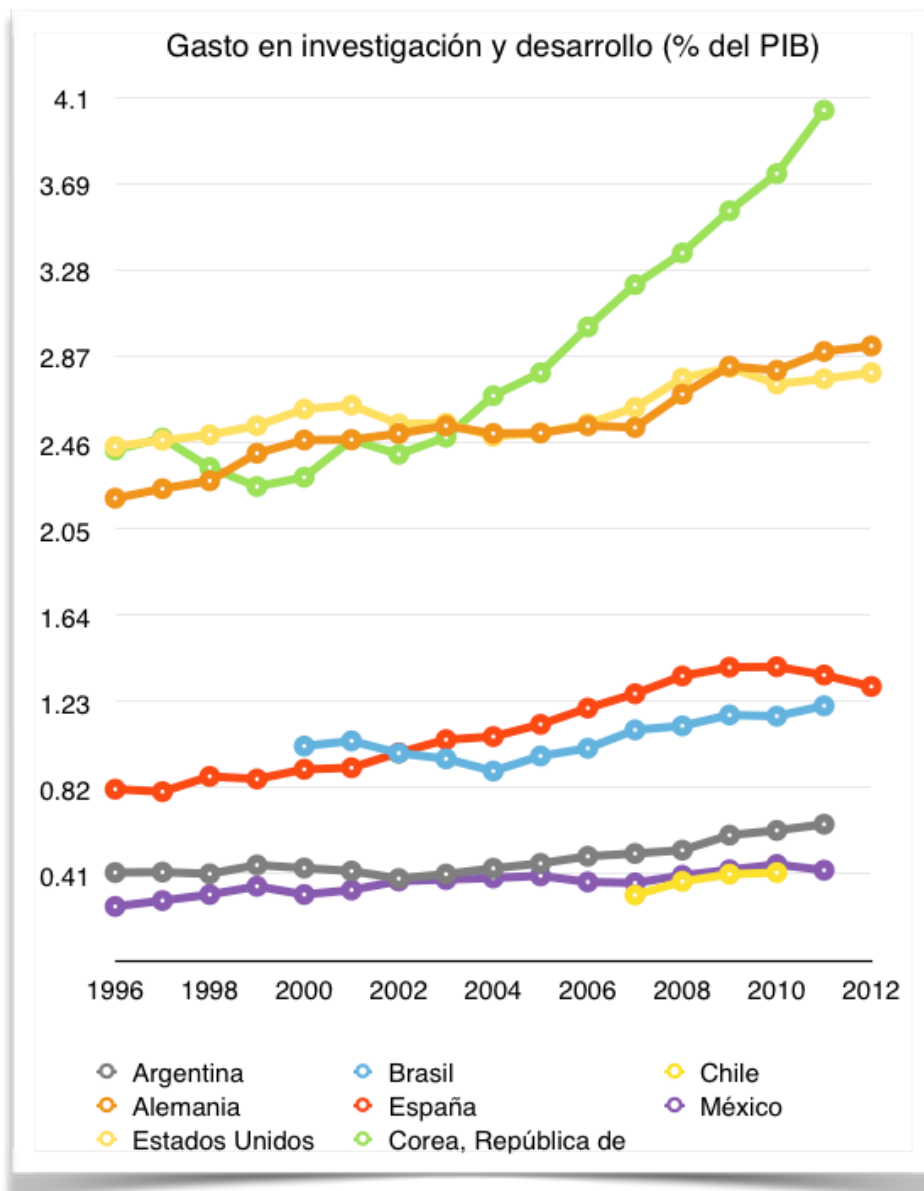
Un punto que ha sido enfatizado por el grupo español que llevo a cabo la etapa de construcción de ALBA, es que uno debería de *licitar el proyecto de construcción* y no simplemente tener una licitación de la construcción del mismo. La ventaja de este procedimiento -que es bastante común en países como el Reino Unido- es que la compañía ganadora no obtiene la construcción en sí, sino que obtiene la supervisión de la obra, con lo cual el consorcio español formado por el comité asesor y el grupo de científicos y técnicos, mantiene el control en todo momento de la subcontratación que, de todas formas, hace una compañía de ingeniería.

El siguiente punto que hay que destacar son los pasos iniciales que se deben dar para tener una fuente de luz sincrotrón en el país

- El proyecto técnico detallado y el proyecto ejecutivo, que estaríamos en condición de iniciar el próximo año, costaría 300 millones de pesos y tardaría 2 años en ejecutarse.
- Se requiere de manera simultánea la construcción y operación de líneas experimentales en FLS ya existentes en el extranjero. Esto llevaría alrededor de dos o tres años para realizarse y tendría un costo, por línea experimental, de entre 10 y 15 millones de dólares en gasto de inversión. La operación de estas líneas costaría un millón de dólares de gasto corriente por año y por línea experimental.
- Por otra parte se necesita en el corto plazo una asociación de los Usuarios Mexicanos con al menos una fuente de luz sincrotrón, éste sería un paso crucial a dar pues garantiza el crecimiento con calidad y la capacitación de científicos, técnicos y personal de gestión nacionales.
- Finalmente un paso fundamental, que hay que dar a la brevedad, es lanzar una convocatoria para la formación de recursos humanos de alto nivel tanto en la parte de operación del acelerador como en la parte de gestión administrativa del proyecto, como en la parte de formación de recursos humanos para tener usuarios que al terminar la construcción de nuestro sincrotrón tengan la posibilidad de explotarlo en toda su potencialidad.

Para terminar, un asunto que es necesario aclarar es que nuestro país tiene un rezago acumulado brutal en la inversión en ciencia, tecnología e innovación. Esto es especialmente claro si observamos la siguiente gráfica que corresponde a la comparación de la inversión hasta 2010 de nuestro país, que no rebasa el 0.41 por ciento del producto interno bruto en el gasto en investigación y desarrollo de todo el país. En este momento la cifra federal es que tenemos entre 0.55 y 0.6 por ciento del producto interno bruto. La Ley de Ciencia y Tecnología indica que deberíamos de llegar al 1 por ciento. En la siguiente gráfica hay una comparación con otros países donde nuestra inversión en gastos de investigación y desarrollo se parece a la de países latinoamericanos como Chile o Argentina.

En un siguiente nivel se encuentran las inversiones hechas por Brasil y/o España, en donde el gasto en los últimos 20 años va de 0.8 al 1.0% y finalmente hay otro tipo de países a los cuales quisiéramos parecernos para aspirar a un desarrollo económico y social de su nivel, tales como son los casos de Alemania, Estados Unidos y Corea del Sur. El caso de coreano es particularmente relevante porque ha tenido un despegue en su gasto de investigación y desarrollo que en 1996 ya era del 2.5% y en 2012 alcanzó el 4.1%. Ese es el ejemplo que tenemos y hay una gran inversión, hay un gran compromiso, qué debe ser un compromiso del Estado para poder alcanzar esos niveles de investigación y de desarrollo económico.



Considero que no hay tiempo que perder. La fuente de luz sincrotrón mexicana es un proyecto que impulsará y aglutinará la ciencia, la tecnología y la innovación en nuestro país, como lo ha hecho en otros países que han tomado la decisión de construir una instalación de esta naturaleza y, por otro lado, la misma experiencia en múltiples sincrotrones generará un polo de desarrollo y por lo tanto hará que nuestro país camine hacia la sociedad del conocimiento.

Muchas gracias.

Bibliografía

1. J. Bordas et al., The Synchrotron Light Source ALBA , Edition March 2010, Barcelona España.
2. Antonio José Roque da Silva et al., Projeto Sirius, a nova ponte de luz síncrotron brasileira, LNLS, Sirius, lnls.cnpem.br-sirius, Campinas, Octubre 2014.
3. Joan Majó, Ramón Pascual et al., LLS Detailed Design Report, Laboratori de Llum de Sincrotró, December 1997, Barcelona, España.
4. A. Antillón, R. Leo, M. Moreno y M. Napsuciale, Laboratorio Nacional de Aceleradores, Fase de Diseño y Prototipos. Instituto de Física, UNAM, Proyecto Especial DADC-Conacyt, Septiembre 27 de 2011.
5. Erick Vance, Why Mexico can't make science pay off?, Scientific American, Oct. 2013, p. 67.
6. Reyes Tépac M., El presupuesto Público federal para la FUNCIÓN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 2014-2015, Dirección de Servicios de Investigación y Análisis, Cámara de Diputados, LXII Legislatura, Febrero 2015.
7. www.lightsources.org
8. CTIndicadores, Programa de Información del Foro Consultivo Científico, Tecnológico A.C., Conacyt, SEP, INEGI, México 2015.

El Financiamiento de la Ciencia y la Tecnología.

Jorge Flores. Instituto de Física, UNAM.

Es ya evidente que si un país quiere estar presente en el mundo actual del conocimiento, debe financiar ampliamente las acciones de ciencia y tecnología. En el caso de México, además, se debe hacer un esfuerzo mayor en estos campos, pues nuestro país llegó tarde a la ciencia.

En los últimos tres años el presupuesto dedicado a la ciencia y la tecnología ha ido en constante aumento y pasa ya del 0.6 por ciento del producto interno bruto. Si las condiciones económicas adversas no afectan este presupuesto, es factible que alcancemos la tan ansiada meta del uno por ciento del PIB hacia el final del sexenio.

Si bien los números son importantes, creo que es crucial definir de manera cualitativa algunos criterios para el financiamiento de la generación de conocimiento.

En primer lugar, los responsables de tomar decisiones deben estar convencidos que el gasto en investigación no es tal, es más bien una inversión. Sin ella, el país no tiene futuro en un mundo tan competitivo y globalizado como el que estamos ya viviendo. Estaríamos condenados a recibir productos y procesos desarrollados en otros países. En otras palabras, México no sería un país independiente.

En segundo lugar, los responsables de tomar decisiones que mencioné antes, no sólo son los dirigentes políticos, tanto del poder ejecutivo como del legislativo, sino también aquellos líderes de la iniciativa privada, que en buena medida son responsables de la industria y de los servicios en nuestro país. En los países más avanzados, dos terceras partes del gasto en ciencia y tecnología provienen de fuentes privadas y el resto tiene un origen público. En México las proporciones son exactamente al revés. En particular, considero que mientras las universidades privadas no dediquen un gran esfuerzo para desarrollar la investigación, el crecimiento científico y tecnológico en nuestro país será pequeño.

En tercer lugar, se deben definir con precisión las prioridades para invertir en ciencia y tecnología. Es decir, debemos definir los nichos de la ciencia mexicana. Los nichos se definen como aquellos campos científicos en donde los investigadores mexicanos puedan hacer contribuciones importantes, tanto desde el punto de vista de la generación de conocimiento a nivel internacional, como por el hecho de que se contribuya a la solución de algún gran problema nacional. Debemos encontrar esos nichos a la brevedad posible.

Dado este problema, el Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia de la República en colaboración con la Academia Mexicana de Ciencias y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, establecieron en 2013 el proyecto HACIA DÓNDE VA LA CIENCIA EN MÉXICO.

En este proyecto se analizaron desde tres diferentes perspectivas diez campos del conocimiento. Una de las perspectivas era la disciplinaria, otra la técnica y una tercera la de los problemas nacionales. Así, en la perspectiva disciplinaria se analizó la química, la ciencia jurídica entre otras. Desde la perspectiva técnica se analizó, por ejemplo, la biotecnología, la computación y la óptica.

Y en la tercera perspectiva tratamos temas como el agua, la migración, las adicciones, entre otros diez problemas.

En cada uno de estos treinta temas planteamos al principio dos mesas redondas, una de las cuales tendría lugar en el área metropolitana de la Ciudad de México y la otra en algún estado de la República. Debo decir que tuvimos más éxito del esperado pues varios grupos de trabajo se nos acercaron para que se organizaran más mesas redondas en otros temas. En el año 2013 se organizaron 96 mesas redondas en donde se plantearon líneas de acción específicas. Participaron como ponentes 500 investigadores distinguidos y cerca de 10,000 personas asistieron a las mesas redondas.

Como una segunda fase de este proyecto se han producido ya doce libros en los cuales se publican los trabajos presentados en las 96 mesas redondas. En lo que resta de 2015 se publicarán otros ocho libros.

Estamos ya en una tercera fase del proyecto HACIA DÓNDE VA LA CIENCIA EN MÉXICO. Ésta consiste en una serie de reuniones con alrededor de sesenta expertos, en las cuales se definen con mayor precisión los nichos de la ciencia mexicana. Hasta ahora hemos tratado el caso de la química, de la física, la ingeniería y las adicciones. En lo que resta del año, trataremos con el agua, las agrociencias, las telecomunicaciones, las ciencias sociales, la ingeniería otra vez, y algunos problemas básicos de la medicina mexicana. Toda esta información la haremos llegar a los líderes de nuestro país.

En la reunión nacional que se hizo sobre la física, se trató en particular el punto que hoy nos ocupa. Se discutió la posibilidad de tener una fuente de luz sincrotrónica. Los sesenta expertos ahí reunidos estuvieron de acuerdo en que este aparato sería muy importante no sólo para el desarrollo de la física sino también de la química, la biomedicina y, lo que tal vez sea más importante, para generar innovación en nuestro país.

Esto me lleva a una cuarta consideración de carácter cualitativo para definir el financiamiento de la ciencia y la tecnología: el llevar acabo grandes proyectos de investigación. Estos grandes proyectos no restarán fondos a proyectos menos ambiciosos sino al contrario, aumentarán su financiamiento. En el caso de la fuente de luz sincrotrónica esto es casi obvio, pues con este aparato se pueden dar muchos servicios a muy diversos centros de investigación y a la industria en general.

En resumen, el financiamiento de la ciencia y la tecnología en México debe llegar pronto al 1% del PIB; multiplicar sus fuentes, en particular accediendo a las empresas privadas; deben establecerse prioridades en los nichos y, finalmente, definir algunos grandes proyectos.

Proyectos Nacionales de Ciencia y Tecnología, ¿Cómo se Construyen e Implementan?

Rafael Pérez Pascual. Instituto de Física, UNAM.

En esta ponencia se contempla el proyecto de construcción de una fuente de luz de sincrotrón desde la perspectiva de un proyecto nacional de ciencia y tecnología. Se comenta sobre el significado que debe darse a la idea misma de proyecto nacional de ciencia y tecnología y se encuentra que el proyecto posee esas características.

Un proyecto nacional de ciencia y tecnología es aquel que reúne una serie de características que lo hacen ciertamente relevante para la nación, veamos cuales son estas.

Impacta a una gama amplia de campos de la investigación científica, tecnológica y a la producción misma.

Persigue un objetivo u objetivos de investigación o desarrollo que resultan de interés nacional.

Fomenta la participación de empresas nacionales en la fabricación especializada de componentes, en la construcción de instalaciones complejas y en la prestación de servicios, y todo ello requiere que dichas empresas hagan investigación para la innovación y adopten prácticas novedosas, lo que contribuye al desarrollo de la capacidad productiva del país.

Los montos de la inversión y/o los apoyos de carácter no económico que requiere el proyecto hacen necesaria la participación del Estado.

Implica el que la nación asuma el proyecto como propio, no solo que lo financie. La nación, al hacerlo suyo, adquiere también el compromiso de llevarlo a cabo y aporta la capacidad política y organizativa que lo hacen posible; esto complementa a lo puramente técnico, pero resulta indispensable e integra el proyecto a las líneas y acciones generales del desarrollo nacional.

No tenemos en México muchos ejemplos de lo que, en el ámbito del desarrollo científico y tecnológico, pudieran ser considerados proyectos nacionales. Podemos mencionar como ejemplo singular al sistema de Institutos Nacionales de Salud, proyecto centrado en el fomento a la medicina científica, a la investigación médica y a la repercusión de todo esto en la práctica de los servicios de salud. Inicia en los años 30 y 40 del siglo XX de manera un tanto espontánea entre la comunidad de médicos, se consolida en los años 70 con la adopción, por la Secretaría de Salud, de una política de desarrollo de la medicina en la que se les otorga a estos institutos un papel relevante y hoy, coordinados por esa secretaría, conforman un gran aporte a la investigación, a la formación de especialistas y en general a la salud de la nación; es importante señalar que esto los hace figurar como uno de los más apreciados contribuyentes a la formación de un orgullo científico nacional.

No tenemos tampoco una fuerte experiencia en los procesos institucionales que llevan a la generación, adopción y ejecución de proyectos nacionales de ciencia y tecnología. Este tipo de experiencia no se adquiere más que en la práctica la que, naturalmente, ha sido escasa y, en ocasiones, cerrada y poco participativa. Esto es algo que hay que considerar para hacer el análisis de una propuesta de proyecto, desde luego no en el sentido negativo, sino en el positivo: todo proyecto que se propone puede contribuir a incrementar la experiencia en los procesos de toma de decisiones y de ejecución, así se abren caminos en beneficio del propio desarrollo nacional. Creo que el simple hecho de que estemos hoy en esta casa de la democracia mexicana presentando el proyecto de dotar al sistema científico-tecnológico de una fuente de luz sincrotrón,

es ya una experiencia en ese sentido y muestra como la Nación tiene caminos abiertos e interés en el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Habiendo resumido lo que entiendo por un proyecto nacional de ciencia y tecnología, paso a analizar el caso de interés en este foro: el proyecto de construcción de una fuente de luz de sincrotrón que de servicio a múltiples áreas de investigación, desarrollo y producción que la requieren.

No he de repetir aquí lo ya dicho por varios de los ponentes anteriores en cuanto a la repercusión que el acceso a una fuente de luz de sincrotrón tiene para muchos campos de investigación y desarrollo de importancia nacional. Si deseo destacar la diferencia que para todos estos campos tendría el acceso a una fuente propia y nacional, en comparación con el acceso a fuentes en el extranjero sujetas a políticas de prioridades, acceso y uso que no son necesariamente las nuestras. Una fuente propia nos permite orientar en términos de programas y políticas generales de desarrollo del país el fomento al uso de la fuente y la generación de nuevos proyectos que, el simple hecho de tenerla, hace posibles. Es la gran flexibilidad y el amplísimo campo de sus aplicaciones lo que hace atractivo el contar con una fuente propia, es un medio adicional a los ya establecidos para apoyar la instrumentación de políticas nacionales de desarrollo científico y tecnológico: ésto le da relevancia nacional al proyecto.

La construcción de un fuente de luz de sincrotrón es un reto para el País, hay muy escasas experiencias de construcción de instrumentos técnicamente tan complejos como el que se propone, esto le da al diseño y construcción de la fuente el carácter de un proceso de investigación e innovación que, por sí, tendría enormes repercusiones en términos de adquisición de experiencia y formación de personas en el más alto nivel.

El diseño y construcción de la infraestructura propia del proyecto requiere de la investigación y la innovación en campos de importancia científica y tecnológica, por lo que genera conocimiento, experiencia y contribuye a la formación de personas en campos de importancia para el desarrollo nacional. La construcción de la fuente de luz es por si misma un objetivo de investigación y desarrollo de interés nacional.

El diseño y construcción de la fuente, así como su futura operación, requerirá de la participación de muchas personas y empresas, tanto nacionales como extranjeras, incorporadas a un proyecto tecnológico complejo, esto fomentará el desarrollo de empresas de tecnología avanzada en el País.

La inversión del orden de varios cientos de millones de dólares, así como la multitud de apoyos no financieros que se requieren, hacen indispensable la participación del Estado.

La construcción y operación de un servicio para la investigación y el desarrollo de la magnitud de la fuente que se propone requiere del impulso y la aglutinación de intereses e instituciones que solo se puede dar si se le identifica como algo de interés nacional, y, por tanto, como un proyecto nacional que obedece a una visión general de desarrollo que cuenta con el compromiso del Estado en ciencia y tecnología.

Dejo aquí mi argumento en torno al carácter nacional del proyecto, considero que la construcción de una fuente de luz de sincrotrón debe entenderse como un proyecto nacional y como tal debe analizarse y, en su caso, impulsarse, financiarse y conducirse.

Ahora, como decíamos, es poca la experiencia que como país tenemos en el proceso de análisis y toma de decisiones en el ámbito de los proyectos nacionales de carácter científico y tecnológico. Las decisiones sobre un proyecto como el que tenemos aquí no se pueden dar en un solo acto de decisión, hay etapas que cumplir y una primera es la del interés nacional por el proyecto. Como he dicho considero que el proyecto a alcanzado las características y la madurez que nos permiten considerarlo como de interés nacional y por tanto asumirlo como tal e iniciar los procesos que nos lleven a su desarrollo.

Por otro lado un proyecto como el presentado debe pasar por una etapa de planeación y diseño específico que culmine con la obtención de un proyecto ejecutivo, esto es, una descripción detallada y precisa de las especificaciones del proyecto, de los planos constructivos, de los procesos de construcción, de un plan de ejecución, de un presupuesto estructurado y de las instancias que intervendrán en la construcción. Es solo con el sustento de un proyecto ejecutivo

que puede tomarse racionalmente la decisión final de iniciar la construcción; esto es claro, esa decisión se toma una vez que se conoce con todo detalle que se va a construir, cuales son sus especificaciones y cuales son los requerimientos financieros y los apoyos de carácter no económicos que se requieren.

Para un proyecto de la naturaleza del que se presenta, la elaboración de un proyecto ejecutivo es sumamente complejo y requiere de una inversión que es del orden de un quince o veinte por ciento del costo total del proyecto; pero sin ese proyecto ejecutivo no se puede ni se debe decidir dar inicio a la construcción. Es la elaboración misma del proyecto ejecutivo la que constituye el proceso principal que lleva a la decisión de construir, esta no debe estar tomada de antemano, ya que el interés nacional mostrado es solo general con la idea del proyecto y no con las especificidades del mismo, es más, es tarea de todos el ir definiendo y especificando ese interés general en el proyecto ejecutivo, por lo que este debe verse como la convergencia del interés nacional con la definición concreta y detallada del instrumento y de su operación.

Así la decisión que corresponde a la etapa del proyecto en que hoy estamos es la de iniciar la elaboración de ese proyecto ejecutivo, la de darle institucionalidad y financiamiento al proceso participativo de planeación que nos lleve a un proyecto ejecutivo que refleje con precisión el interés de la nación.

El tomar la decisión correcta en el tiempo correcto es lo que nos lleva por el camino de la conclusión exitosa de cualquier proyecto, creo que es el tiempo de decidir que la construcción de una fuente de luz de sincrotrón es un proyecto de interés nacional y que debe, por tanto, darse inicio a la elaboración del proyecto ejecutivo y aprobarse el financiamiento respectivo.

Antes de terminar deseo dar una visión adicional propia de un proyecto de la naturaleza del que hoy nos ha convocado. Nuestro país esta pasando por tiempos muy difíciles en los que nos vemos abrumados por un muy triste acontecer cotidiano, lleno de malos augurios y de sensaciones de impotencia. Mucho del orgullo nacional se ve deteriorado por la ominosa presencia de las vergüenzas nacionales que nos fragmentan y que diluyen el ser de la nación. Por sobre ésto hay esperanzas como la que hoy se presenta en este foro del Senado de la República, un noble proyecto que, sin duda, se sustenta en una visión optimista del futuro, de un futuro de progreso, de un México que resuelve sus problemas, que deja atrás la ignominia del crimen y se ve dedicado a la ciencia y al progreso. La construcción de esta fuente de luz de sincrotrón es un proyecto nacional no solo por lo ya argüido, lo es por ser una manera optimista de ver el futuro, porque fomentará la unión de todos en torno de un proyecto noble y porque será una fuente de luz que contribuirá a reforzar nuestro orgullo de ser mexicanos.

Clausura.

Senadora Luz Ma. Beristain Navarrete.

Vamos a pasar a la entrega de los reconocimientos que el Senado de la República ha preparado para todos ustedes los ponentes que hoy nos acompañan y que engalanan el trabajo del Senado de la República.

Paralelamente en el pleno del senado se está llevando a cabo, como ustedes ya saben, la comparecencia del secretario de educación, del nuevo secretario educación que es Aurelio Nuño y bueno, varios compañeros que se fueron de acá se llevaron la encomienda de hablar con él de este tema porque estamos muy motivados los que hoy estuvimos aquí y tenemos el firme compromiso de que si nos están haciendo el gran honor ustedes de compartir este gran experimento este gran proyecto con nosotros, también debemos de abrazarlo con todo para darle la difusión que debe de tener para que logremos las mayorías que requerimos.

Qué bueno como dice Brenda, entre nosotros hay personas que tienen derecho a disentir, no necesariamente puede ser genuino, hay campañas mediáticas en el país, orquestadas por intereses ajenos al avance, a la evolución, a la educación. Hay por ahí quienes aseguran, aquí en la tribuna del senado, que las cartas de intención que este país ha firmado con el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial de Desarrollo, hay ciertos compromisos plasmados de que no le vamos a dar la inversión necesaria a todo lo que es ciencia, tecnología, educación. Aquí se dice mucho en la tribuna, ¿por qué en los últimos 40 años Corea creció, se detonó, Corea está extraordinario y maravilloso y nunca me imaginé que estuviera así. Nos tocó hacer una gira de trabajo para la vinculación legislativa hace unos meses y quedé gratamente sorprendida de ver el crecimiento y platicaba yo con el Dr. Matías, curiosamente el mismo tiempo que Corea se ha tomado en generar un progreso, son los mismos años en que este país ha frenado, un poco se ha resistido a ser parte de estos países que innovan, que le apuestan a la investigación. Usted dice, cuando yo salí de la escuela de física, se decía que la meta era el 1% del PIB, era lo deseable, yo me acuerdo de este dato desde que yo salí de secundaria.

De verdad a mi me da muchísima vergüenza. Por un lado me da muchísimo gusto estar hoy aquí en el Senado de la República y poder ser parte de este proyecto porque, si ustedes me lo permiten, yo quiero ser parte de esta campaña mediática para contrarrestar los efectos nocivos que eventualmente puedan tener porque igualmente son saludos aislados de la oposición que deben ser siempre bien vistos. No tenemos por qué querer que todo sea homogéneo en este país, hay que respetar la heterogeneidad y la diversidad y respetar a las voces que disientan en un momento dado, pero si es un poco de llamar la atención que haya un consenso cuando se trata de irnos para arriba, cuando se trata de evolucionar, de dar un salto y de llevar a este país a salir del estancamiento y del atraso y de la ignorancia.

Aquí en este país lamentablemente muchos han lucrado con la ignorancia y a muchos les interesa que sigamos en niveles muy bajos de aprendizaje, de ignorancia, porque es más fácil llegar a comprar una serie de voluntades a la hora que se requieren generar ciertos procesos para perpetuar los liderazgos que existen en el país. Pero esta en la casa del federalismo. Esta es la casa donde habemos un buen número de compañeros somos 128 senadores, y un buen número de ellos, si no es que todos, le apuestan al crecimiento del país. No le vamos apostar a los frenos o a las resistencias normales que pueden haber en una democracia. Somos una democracia y

tenemos que respetar a todas las voces y, eventualmente hay voces muy conservadoras que pudieran tenerle miedo al progreso también, que pudieran pensar que no es necesario, pero si supieran que los hospitales, esas clínicas y esas escuelas estarían de primer mundo si pudiéramos generar los cinco sincrotrones que nos merecemos como país porque los Mexicanos somos gente trabajadora, somos la gente a la que se le debe apostar con todo y para todo, que se nos dejara de tratar como personas de quinto mundo o del inframundo, que no nos merecemos que haya una inversión adecuada en todo lo que se refiere a todo nuestro crecimiento, que eso tendría mucho que ver con el crecimiento de nuestras conciencias porque cuando México de ese salto tecnológico, muy seguramente también la conciencia de los mexicanos se va a elevar a un plano muy superior en el que no nos vamos a dejar y no vamos a permitir que nadie nos venga a ponga reglas que tienen que ver con generar un freno al desarrollo de este país, que dentro de este mercado internacional que se ha convertido la Comunidad Internacional de Naciones, porque yo siento que hoy por hoy se rige todo por una especie de demanda y oferta. Estamos inmersos en un concierto de naciones, en un planeta donde hay muchos países, pero siento que se ha vuelto un mercado en el que se rige en gran medida por la oferta y la demanda y no todo puede venderse, y no todo puede comprarse.

No todo es materialismo, no todo es cuestión monetaria, material, y ésta es una cuestión que ayudaría muchísimo al desarrollo de la intelectualidad de los mexicanos, que también la requerimos, de el nivel de educación porque este discurso tan obsoleto hoy es más vigente que nunca. Yo tenía 20 años de edad, estoy apunto de cumplir 55 años de edad, y a los 20 años de edad era el mismo discurso pero yo me doy cuenta que hoy está más vigente que nunca y es más urgente que nunca. “México tiene que salir del subdesarrollo, porque si México no le apuesta a salir del subdesarrollo, seguiremos tratados como una nación tercermundista...”, y ahora está peor porque hay naciones como Corea, que sí estaban en el subdesarrollo y que si lograron salir. Nosotros hace 40 años todavía vivíamos parte del milagro mexicano donde la sustitución de importaciones todavía era importante, todavía teníamos muchas paraestatales que fueron rematadas, regaladas a una serie de amistades, de parientes y de conocidos que estaban funcionando perfectamente bien y la inversión pública era muy generosa y había un desarrollo humano en México grande. Muchas personas venimos de universidades públicas, yo vengo muy orgullosamente de la UNAM y nosotros tenemos que ser capaces de generar, paralelamente a este desarrollo del proyecto ejecutivo, tenemos que poder desarrollar a esa cantidad de expertos en la materia que puedan trabajar porque aquí están claros los argumentos y son como 17,000 o 20,000 fuentes de empleo que generaría de manera directa e indirecta el poder aterrizar este proyecto del sincrotrón.

Yo creo que es sumamente rentable para nosotros, para el país, no hay duda alguna que salir del subdesarrollo es algo que nos conviene a todos y yo prometo generar una campaña con mis compañeros que estuvieron aquí y que lo percibieron, vamos a repartir la información. Creo que eventualmente podemos incluso generar en el momento que ustedes lo consideren, incluso una recopilación de firmas de toda la comunidad universitaria, de académicos, de investigadores, de científicos. Pero igual aprovechando el presupuesto cero que dijo el senador Corral, igual y logramos sensibilizar a Videgaray, al mismo Peña Nieto. Pudiéramos apostarle a esa posibilidad de que ellos entiendan que trascenderían si le invierten a un tema como éste y México dejaría de ser visto en la ONU, cuando ellos van a dar sus discursos a la ONU, dejaría de ser visto como un país secundario. Queremos que México sea visto como un país primario, pujante, capaz de generar este tipo de acciones que nos unirían porque hoy una serie de vergüenzas nacionales que no vamos a hablar de ellas porque ni es el caso pues hay que superar esas situaciones y México tiene que volver a esa época en que fue grande.

Eramos creadores del cine mexicano que exportábamos y de muchas cosas más. En su momento México ha tenido muchas cosas que hemos sido capaces de exportar. Éramos el hermano mayor de América Latina y nos tomaban de ejemplo y todo mundo quería venir a México pues era la gran

capital de América Latina. Hoy no es mucho así, están pasando una serie de circunstancias y de problemas que nos han hecho descender en todos los niveles, pero esta es una gran oportunidad, esta crisis es una gran oportunidad para que entre todos generemos esa campaña de concientización, de difusión y que nos pongamos un objetivo.

Faltan tres años para concluir esta legislatura que recién iniciamos y podríamos ponernos el objetivo de vernos periódicamente, a lo mejor un foro anual, o si logramos esto, en este presupuesto, bueno pues ya nos vamos a ver pero para celebrar y para saber quién va a realizar el proyecto ejecutivo, cómo se va a realizar, en cuanto tiempo se va a aterrizar y cuando estaríamos inaugurando la primera fase del sincrotrón. Pero al menos yo sí hago el compromiso con ustedes y les agradezco muchísimo que hayan confiado en nosotros, en mi equipo, en Ángel que quiero pedir de verdad un aplauso para este muchacho, porque ellos me ayudaron a sensibilizar a la maestra Leticia Navarrete de Cuernavaca que fue la que me abrió los ojos. Un día a las seis de la mañana me habló y me dijo, “Tienes que escuchar al maestro Armando Antillón y tenemos que llevar este proyecto al senado”. De verdad Letti, muchísimas gracias porque este es un gran proyecto y abanderar un proyecto como este, de verdad nos reinventa a los senadores, nos reinventa a los legisladores. Nosotros tenemos que estar cercanos a las personas que están produciendo cosas tan importantes para nuestro país como ésta. Gracias y hago el compromiso frente a todos ustedes de que no les vamos a fallar y que por nosotros no va a quedar.

Gracias.