

# PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UN PARQUE TECNOLÓGICO EN NANOTECNOLOGÍA EN GUATEMALA

Por Ing. Federico G. Salazar, [correo@fsalazar.bizland.com](mailto:correo@fsalazar.bizland.com)  
Compilador

## RESUMEN

En diversos estudios se enfatiza sobre la importancia de capacitar y desarrollar la Nanotecnología como vía para el desarrollo de países tercermundistas. La presente propuesta nace de la integración de los informes presentados por los estudiantes del curso de especialización en Nanotecnología organizado por la Dirección General de Investigación DIGI de la Universidad de San Carlos, en donde se concretaron ideas claves para generar un proyecto de Parque Tecnológico en Guatemala que desarrolle productos y servicios basados en nanotecnología. Concluye este artículo que para implementar proyectos de este tipo es imprescindible el trabajo integrado gubernamental con la iniciativa privada, la cooperación internacional y las universidades, dada la magnitud de la propuesta.

## DESCRIPTORES

Parques tecnológicos, nanotecnología, desarrollo tecnológico, economía de innovación, cooperación gobierno industria academia, cooperación internacional

## ABSTRACT

Several studies emphasize about importance of training and develop nanotechnology as a means for development of third world countries. Present analysis is product of integration of reports submitted by the students of the specialization course in nanotechnology organized by the Direccion General de Investigacion DIGI of the University of San Carlos, where materialized key ideas for building a technology park project in Guatemala to develop products and services based on nanotechnology. Concludes this article in the needing of integrate the work between Government, private initiative, international cooperation and the universities given the scale of the proposal.

## KEYWORDS

Technology parks, nanotechnology, technological development, innovation economy, government industry academy cooperation, international cooperation

## PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UN PARQUE TECNOLÓGICO EN NANOTECONOLOGÍA EN GUATEMALA

### PRESENTACIÓN

El Mini Foro IBEROEKA-CYTED sobre Parques Científicos y Tecnológicos, realizado en Acapulco México el 3 y 4 de marzo de 2008, constituyó una actividad con un número de participantes muy encima de lo esperado, ya que este tipo de eventos son diseñados para el encuentro de no más de cincuenta expertos, pero en esta oportunidad concurrieron alrededor de doscientas cincuenta personas entre técnicos, empresarios y funcionarios de gobierno de México, España, Estados Unidos y varios países de América Latina.

Demostó esta masiva asistencia, que además de gozar de la belleza escénica de la bahía y sus alrededores, el tema en agenda despierta en la actualidad mucho interés y expectativas por sus implicaciones para el desarrollo económico y social de las comunidades, en contextos globalizados y de cooperación entre diversos sectores e intereses, que con objetivos comunes implementan estas iniciativas.

Es oportuno recalcar que, tal como se presentó en el Mini Foro, existen varios tipos de parque científicos y tecnológicos, que parten de la idea primaria de los parques industriales conceptualizados desde antes de los años cincuenta, que consistían en espacios ubicados cerca de puertos y aeropuertos contando con la infraestructura necesaria para que empresas de manufactura se asentaran en ellas, al amparo de leyes proteccionistas y de incentivos, para la producción y exportación de bienes de calidad mundial, con presencia de industria pesada o ligera orientada a la manufactura, el ensamblaje y la distribución de bienes (Fernández, 2008). Se trataba de polos de desarrollo buscando descentralizar la industria (Ondátegui, \_\_\_\_ )

Sobre esta base, Molina (2007) y Fernández (2008) entre otros, plantean que en la actualidad existen cuatro modelos básicos de parques para impulsar el desarrollo regional de alto valor agregado, que constituyen Ecosistemas con diferentes niveles de implementación de Investigación + Desarrollo + innovación + incubación (I+D+i<sub>2</sub>) para el desarrollo regional:

1. **Tipo I:** Parques para el “landing” de empresas y desarrollo de empleo de alto valor. Presencia de industria ligera, oficinas, ventas, logística de distribución y servicios
2. **Tipo II:** Parques para transferencia de tecnología e incubación y aceleración de empresas de base tecnológica. Presencia de industria I+D+i, con investigación universitaria, incubadoras, desarrollo de prototipos y servicios a empresas
3. **Tipo III:** Parques para investigación y generación de empresas de base tecnológica. Al igual que el tipo anterior, pero integrados en campus universitarios con I+D+i orientado al mercado y usos de industria ligera
4. **Tipo IV:** Parques de Innovación y Tecnología. Cercano al concepto de ciudad, en donde se integra desde la planificación hasta actividades I+D industrial y universitaria, residencial y de servicios terciarios

Importante es acotar que el financiamiento para la implementación y desarrollo de los parques puede provenir de muy diferentes fuentes. Muchas iniciativas exitosas han sido financiadas por los gobiernos, especialmente cierto en España y sus gobiernos regionales. En otros casos han sido empresas y consorcios tal el caso de México y Chile. Sin embargo, un tercer tipo de iniciativas están siendo financiadas y desarrolladas por universidades, con un primer estadio en villas tecnológicas para el ejercicio académico, que se han consolidado posteriormente en parques propiamente dichos.

Siguiendo este orden de ideas, la inversión para la innovación está sustentada en el Triángulo de Sábato, con la participación gubernamental, iniciativa privada y academia. Coincidimos con el enfoque presentado por Conway et al (2010) mostrado en la figura No. 1, quienes afirman que la base para la economía de la innovación está sustentada en la creación, desarrollo y fortalecimiento del sistema jurídico legal que permita un régimen claro y facilitador de los proyectos de innovación, incluyendo regulaciones del sistema de derechos de propiedad intelectual, reglas de financiamiento, estructuración y reingeniería de instituciones, entre otros aspectos.

Con referencia la nanotecnología, se deberán establecer en Guatemala regulaciones y normativas claras que incluyan aspectos éticos para el manejo, producción, uso y comercialización de productos basados en estas técnicas, pero también la regulación de la participación y asociación con entidades no gubernamentales incluyendo empresas y centros de investigación locales y con referencia explícita para el caso de las transnacionales y su papel en el desarrollo nacional.

Consolidar estos procesos exige la creación y fortalecimiento del sistema de ciencia y tecnología nacional, especialmente con la institucionalización del ministerio respectivo y la asignación respectiva de fondos que estas iniciativas requieren. Conway et al (2010) enfatizan que la inversión a gran escala para la investigación que transforme y desarrolle quedará a cargo de laboratorios gubernamentales en asociaciones público-privadas.

Lo anterior aplica perfectamente para la nanotecnología en donde la inversión en equipo e instrumental de muy alta precisión presupone erogaciones monetarias de más de seis cifras. En este caso solamente los estados y gobiernos son capaces de realizar la inversión; sin embargo, la administración y funcionamiento de estos centros perfectamente puede llegar a coincidir en una agenda compartida con al iniciativa privada y las universidades.

Por su parte, las universidades y centros de investigación participan en estos sistemas de

**Figura No. 1.** Sistema de investigación para la innovación



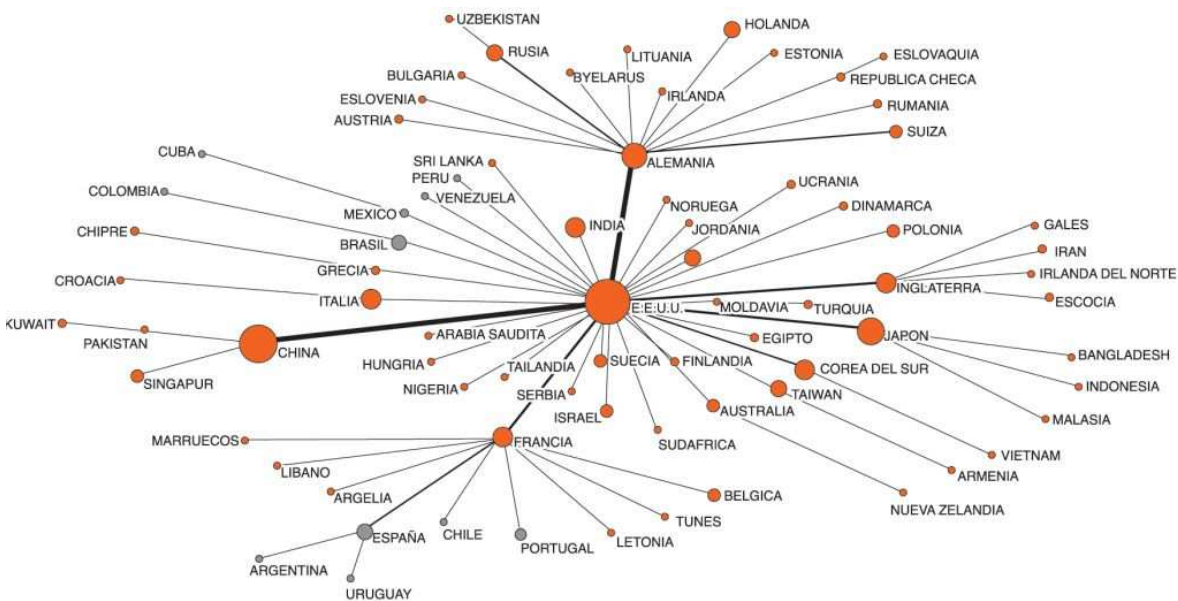
Fuente: Conway et al, 2010

innovación desarrollando investigación y transferencia de conocimiento en laboratorios avanzados y especializados propios de cada institución pero que no requieren, en el caso de la nanotecnología, de inversiones muy grandes que estén fuera del alcance de estas entidades, siempre apoyadas por la cooperación nacional e internacional.

Finalmente, siempre de Conway et al (2010), completan el triángulo las empresas y laboratorios privados que desarrollan productos y los comercializan, bajo la tutela y asesoría para el control de calidad de las otras dos instancias mencionadas previo. Esta propuesta aterriza con el concepto de parques científicos y tecnológicos del Tipo III y IV descritos anteriormente.

Otro aspecto relevante en el tema de la economía de la innovación y la nanotecnología se refiere a la suma de relaciones entre actores. El Centro de Altos Estudios Universitarios (CAEU, 2008) realizó un análisis sobre la densidad de publicaciones científicas sobre nanotecnología a nivel mundial. La interrelación tipo cluster de los sistemas de investigación a nivel global para el año 2007, ver figura No. 2, muestra que dentro de los principales actores son los Estados Unidos quienes más invierten actualmente en el tema. El cluster de Alemania, orientado a los países centro europeos, ha venido creciendo. Sobresale China con el mayor desarrollo en este sentido. Destacan también Japón, Francia, Inglaterra y la India. Los países iberoamericanos parecen estar en relación directa con los Estados Unidos y recién despegan en el desarrollo de nanotecnología. Estos mismos autores concluyen que “...aunque se trata de una cantidad relativamente pequeña, la participación de la comunidad iberoamericana en el total de la producción sobre nanotecnología en el *Science Citation Index* SCI ha crecido del 2.8% en 2000 al 4.0% en 2007”.

**Figura No. 2.** Red de países con producción científica en nanotecnología (2007)



Fuente: CAEU, 2008

En Iberoamérica, España y Brasil son pioneros y en la actualidad líderes de la producción científica y desarrollo tecnológico en nanotecnología. Un segundo bloque lo integran Portugal, México y Argentina con rasgos semejantes entre sí. Los demás países presentan una producción marcadamente más reducida (CAEU, 2008).

Podemos concluir del análisis de esta gráfica de relaciones, que al futuro se podrían fortalecer alianzas de cooperación de interés para Guatemala, además de Estados Unidos, con Francia, España, Brasil y México. Sin embargo, en opinión nuestra no se descartaría la búsqueda de cooperación con actores principales como Alemania, Japón, Corea o Taiwán.

El CAEU (2008) concluye que “es importante destacar también que se trata de un terreno de investigación en el que las capacidades especializadas y la disponibilidad de equipamiento son críticas para su desarrollo. En ese contexto, y dado el tamaño relativamente pequeño de la comunidad científica y de los recursos financieros de cada uno de los países iberoamericanos por separado, sólo una intensa colaboración regional puede brindar la masa crítica necesaria para darle a la I+D en nanotecnología la sustentabilidad necesaria”. Pero como ellos mismo concluyen, la relación de las universidades con las empresas privadas aun es incipiente en nuestros países, y Guatemala no es la excepción, aspecto que deberá trabajarse intensivamente en los próximos años.

## ANTECEDENTES

Tal como se mencionó en el artículo “*Instrumentación para Caracterización de Nanosistemas*” (ver la edición No. 16 de esta revista), la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías en los países en desarrollo están sujetos a situaciones clave, especialmente relacionadas con infraestructura, capacitación humana, costos, nivel de educación de la población y contexto político y de seguridad ciudadana a lo interno de cada uno de nuestros países. Por otra parte, el entorno geopolítico mundial y la economía globalizada proveen las directrices y el marco posible de desarrollo y restricciones en estos aspectos, incluidos derechos de propiedad intelectual y barreras comerciales.

En ese sentido, en América Latina se está empezando a dar importancia dentro de los Programas Nacionales a las tecnologías emergentes incluida la nanotecnología. Este impulso a la nanotecnología está asociado con reorientar las economías para hacerlas menos dependientes de las exportaciones agropecuarias, mineras y otros sectores ligados a los recursos naturales (Foladori y Fuentes, 2007.2). Según este artículo, los países de América Latina buscan acelerar el desarrollo y la integración de la nanotecnología en la industria y el comercio a fin de incrementar la competitividad nacional. Una iniciativa relevante en este aspecto es la creación del Consejo Latinoamericano de Investigación Científica (CLIC), integrado por representantes de las cinco subregiones de la red (cono sur, sector andino, Centroamérica, Caribe y México) para crear una plataforma regional de investigación científica en 10 líneas prioritarias y entre ellas la nanotecnología y nuevos materiales.

La mayoría de países centroamericanos tienen planes nacionales de ciencia, tecnología e innovación y con énfasis en nanotecnología se encuentran Guatemala, El Salvador, Costa

Rica y Panamá. De estos países, Costa Rica es el más avanzado en materia de Nanociencia y Tecnología ya que cuenta con el Laboratorio Nacional de Nanotecnología, Microsensores y Materiales Avanzados LANOTEC, siendo el primer laboratorio especializado en la región y uno de los pocos en Latinoamérica. Es un centro de excelencia, financiado por el estado costarricense, para la investigación, diseño, desarrollo e innovación en temas como nanotecnología, microtecnología y ciencia de los materiales, en un trabajo conjunto con las universidades de dicho país.

En Guatemala estas iniciativas han concretado en algunas primeras acciones como el Primer Curso de Nanotecnología a nivel de posgrado realizado en las instalaciones de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos DIGI-USAC durante el año 2009 con la participación de 26 profesionales y el soporte académico de expertos internacionales. De este curso, en base a los informes de los módulos de trabajo realizados, se obtuvo el siguiente documento que resume los aspectos más relevantes para la creación de un centro de desarrollo de nanotecnología en el país y que pretende integrar las propuestas de todos los grupos de trabajo que conformaron el curso.



Quisiera agradecer a la Inga. Liuba Cabrera, Directora del Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial de la DIGI-USAC quien en su calidad de coordinadora del curso de Nanotecnología tuvo a bien proporcionarme los informes de los grupos de trabajo mencionados. Agradecer así mismo a mis compañeros del curso, por su amistad y calidad profesional, ya que su esmero y dedicación en la elaboración de los informes me permitió integrar esta propuesta.

## JUSTIFICACIÓN

La creación en Guatemala de un Centro de Nanotecnociencia se justifica de acuerdo a varias premisas:

- necesidad de desarrollo nacional y mejoramiento de la calidad de vida de todos los guatemaltecos
- necesidad de superar el nivel educativo en todos sus niveles y especialmente en el terciario y cuaternario (licenciaturas universitarias y creación de maestrías y doctorados)
- aprovechamiento de los recursos naturales y humanos con que cuenta el país

- utilización de la ciencia y tecnología de punta al servicio de la comunidad nacional e internacional
- desarrollo de la nanotecnología con aplicaciones directas de beneficio colectivo y fuente de generación de ingresos en empresas productoras de bienes basados en esta disciplina
- desarrollo de industria nacional de transformación que actualmente se dedican a la producción de *comoditties* sin valor agregado
- proyecto autofinanciable a través de la venta de servicios

Además, aprovechar

- los conocimientos e iniciativas existentes a nivel mundial en el desarrollo de la nanotecnología
- la globalización de la ciencia y el conocimiento para el beneficio de la humanidad
- la disposición a la cooperación internacional e intercambio de experiencias
- y los trabajos multidisciplinarios.

Los continuos avances tecnológicos no solo traen impacto en los productos nuevos en el mercado, sino que además demandan un número de profesionales entrenados para trabajar tanto en la investigación-desarrollo, como en la manufactura de nuevas tecnologías. Se estima que se necesitarán aproximadamente 2 millones de trabajadores a nivel mundial en diez a quince años (Roco M.C., 2002.1) para la industria de la Nanotecnología. Aunque actualmente Guatemala, no cuenta con un laboratorio especializado en nanotecnociencia, cuyo objetivo principal sea generar proyectos de investigación en esta rama, es prioritario realizar una investigación relativa a las características y necesidades de implementar un laboratorio adecuado para esta ciencia.

Un parque tecnológico, permite capacitar estudiantes y formar investigadores con las teorías, métodos e instrumentación necesarios, para generar proyectos de investigación conjunta a nivel internacional y nacional, además del mejoramiento y el diseño de nuevos productos de la investigación. Constituyendo la interfaz entre las disciplinas científicas tradicionales y el diseño. Originando la vinculación entre academia (sector público y privado), industria (corporaciones multinacionales, pequeña y micro empresa) y el sector gubernamental, para el desarrollo del país; la realización de proyectos conjuntos, academia-industria permite atraer capital a la región.

Según la International Association of Science and Technology Parks (IASP), un parque científico y tecnológico es “una organización gestionada por profesionales especializados con el objetivo fundamental de incrementar la riqueza de la región y promover la cultura de la innovación. Tiene como finalidad fomentar la competitividad de las empresas y las instituciones generadoras de conocimiento instaladas o asociadas al parque”.

Agregan que “un parque científico y tecnológico estimula y gestiona el flujo de conocimiento y tecnología entre universidades, instituciones de investigación, empresas y mercados; impulsa la creación y el crecimiento de empresas innovadoras mediante mecanismos de incubación y generación centrífuga (*spinoff*), y proporciona otros servicios de valor añadido así como espacios e instalaciones de gran calidad”.

Por otra parte, están diseñados para alentar la formación y el crecimiento de empresas basadas en el conocimiento y de otras organizaciones de alto valor añadido pertenecientes al sector terciario, normalmente residentes en el propio parque. Poseen, además, un organismo estable de gestión que impulsa la transferencia de tecnología y fomenta la innovación entre las empresas y organizaciones usuarias del Parque.

Sobre la base de las definiciones anteriores, un parque científico y tecnológico reúne en primer lugar a la academia y centros de investigación con la iniciativa privada, para además de generar conocimiento producir riqueza y desarrollo. Este contexto lo completa el Estado como el ente facilitador y orientador, tanto de las políticas de desarrollo nacional, como del apoyo logístico y financiero fundamental e inicial que propicie la creación e implementación de este tipo de iniciativas. En síntesis se fundamenta el desarrollo, como se indicó anteriormente, sobre el llamado Triángulo de Sábato.

Por otra parte, un parque científico y tecnológico es especializado en áreas de conocimiento, producción y comercio puntuales. Es decir, son entidades con un quehacer específico, destinadas a competir a nivel mundial dentro de mercados y en contextos de manejo de información y conocimiento globalizados.

Finalmente, un Parque Científico y Tecnológico especializado en Nanotecnología debe reunir las condiciones de innovación propias de este tipo de unidades de desarrollo. Permite que se haga investigación, tanto científica como tecnológica en nanotecnología, pero a su vez facilita el diseño, la producción y comercialización de esta nueva ciencia y sus productos novedosos.

Un parque científico y tecnológico en nanotecnología deberá sin embargo, recibir un fuerte apoyo estatal en su fase inicial, para poder erigirse como un polo de desarrollo. Requiere del marco jurídico y legal que lo incentive. Además, deberá contar con la planificación gubernamental para la construcción del laboratorio central equipado con dispositivos y equipo de tecnología de punta cuyo costo lo hace prohibitivo para el sector académico y de investigación y para la empresa privada el adquirirlo, y que constituye herramienta imprescindible de trabajo para esta nueva disciplina.

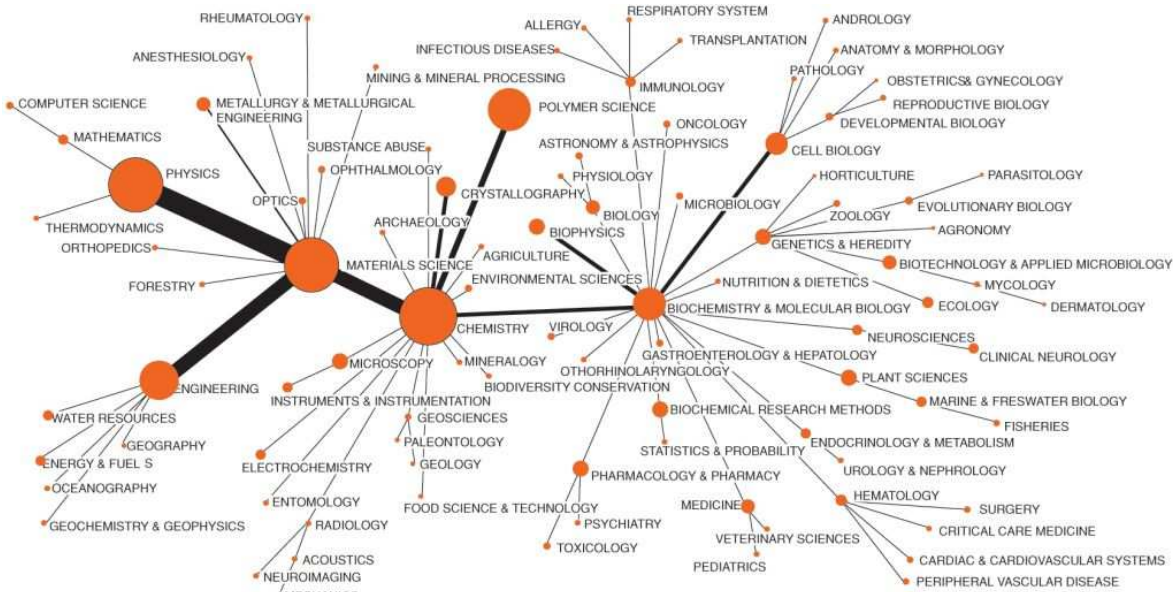
Este tipo de iniciativa para ser impulsada deberá contar con el diseño para la construcción inicial del parque, planificado en todos sus aspectos: sitio físico, infraestructura y urbanización básica, construcciones ambientales, sistemas para la disposición de aguas servidas y desechos, servicios de vigilancia, centro de administración central, construcción y equipamiento del laboratorio central, entre otros aspectos. La academia y centros de investigación procederían sobre esta estructura ya organizada a construir sus propios laboratorios de desarrollo nanotecnocientífico y espacios de capacitación y aprendizaje; las industrias de producción especializadas en construir sus respectivas fábricas e industrias de desarrollo; y las empresas de comercialización y servicios asociados a instalarse en el parque.

Otro aspecto importante a considerar y que se deberá definir por medio de jornadas de trabajo de expertos de todos los sectores de interés son las líneas de investigación



relacionadas con nanotecnología. Se muestra en la figura No. 3 la red de disciplinas que se estaban trabajando en iberoamérica en el año 2007.

**Figura No. 3.** Red de disciplinas en nanotecnología a nivel iberoamericano (2007)



Fuente: CAEU, 2008

Una consideración inicial al respecto concluye que las líneas estratégicas de desarrollo del parque en Guatemala estarían orientadas a la industria farmacéutica, medicina y cirugía, electrónica, componentes TICs, alimentos y su conservación y materiales asociados con la construcción, como ejes prioritarios.

**OBJETIVOS**

- El objetivo general de la propuesta es la creación e implementación de un parque tecnológico, que incluya el Centro Nacional de Análisis de Nanotecnología perteneciente al sistema de ciencia y tecnología gubernamental, los Centros Especializados de Investigación a cargo de las universidades y centros de investigación ya establecidos en el país e instalación de Empresas Dedicadas para la elaboración de productos específicos y de comercialización, que contribuyan al desarrollo de la nanotecnociencia en Guatemala, con incidencia en el desarrollo nacional acreditado, basado en estándares de calidad internacional y contextos de ética y conservación del ambiente, para mejorar la calidad de vida del guatemalteco y contribuir al conocimiento científico mundial.

Entre los objetivos específicos se mencionan:

- crear unidades de investigación multidisciplinaria en el área de nanotecnología con participación de científicos nacionales e internacionales que desarrollen materiales y

productos

- desarrollar investigación aplicada y capacitación en nanotecnología de aplicación en medicina, materiales, electrónica y otras áreas de interés
- implementación de empresas especializadas en la elaboración de productos y componentes nanotecnológicos de calidad global
- desarrollo de empresas de comercialización globalizada que promuevan la ubicación internacional del país
- buscar el autofinanciamiento y sostenibilidad económica y la prestación de servicios a la sociedad a nivel nacional e internacional.

## METODOLOGÍA

Los pasos que se requieren para desarrollar la propuesta del parque tecnológico en nanotecnología, serían los siguientes:

### 1. Elaboración del estudio de Mercado.

**Justificación:** debe realizarse para obtener una noción clara de la cantidad de consumidores/interesados en financiar el parque tecnológico en tecnologías emergentes y nanotecnología. Además, mostrar las características y líneas de investigación, orientando de esta manera la visión del parque científico

#### Actividades

- Llevar a cabo el estudio de la demanda de servicios en investigación de punta para el desarrollo y mejoramiento de productos a través de encuestas a los sectores académico, gubernamental y privado.
- Realizar visitas a laboratorios de la región para conocer más a fondo las tareas que se realizan y estudiar las posibilidades para esta propuesta.

### 2. Definición de las líneas de investigación y de producción

Determinar las principales líneas de los centros de investigación y de producción industrial para mejorar la calidad de las materias primas y productos con el objetivo de incrementar su valor y beneficiar económicamente al país. Dentro de esas líneas se podrían mencionar:

1. Creación de productos para uso aséptico (productos comerciales, a bajo costo, útiles en diversas aplicaciones como en alimentos y salud). Por ejemplo, la fabricación y formulación de numerosos nanomateriales y productos de nanoescala para producir suspensiones más uniformes y más pequeñas de líquidos y partículas sólidas (Nanotechnology Now: 2008)
2. Diseño de sensores para la detección de agentes patógenos en industria alimenticia, a nivel de anillos de seguridad y de los productos, así como de productos intermedios durante la cadena del proceso productivo. La capacidad de miniaturizar y adaptar

procedimientos de inmunoensayo desde la forma tradicional hacia micro o nano chips totalmente automatizados representa un gran futuro promisorio (Nanowerk: 2007)

3. Caracterización y mejoramiento de propiedades mecánicas de materiales para construcción. Los nanocomposites plásticos, de aplicación comercial, se utilizan para producir materiales más fuertes, ligeros y a prueba de rayas. Los compositas para huesos artificiales a partir de fosfatos de calcio nanocrystalinos, mismo mineral del hueso natural, pero con una fuerza de compresión igual a la del acero inoxidable (American Elements: 2010)
4. Creación de sensores para monitorear estructuras masivas. La detección de especies biológicas y químicas en el área de la salud para descubrir y diagnosticar enfermedades para el descubrimiento y detección de nuevas moléculas de drogas. Se busca el desarrollo de nuevos sensores eléctricos ultrasensibles basados en nanohilos que permitan el análisis directo y rápido de especies biológicas y químicas, incluido el ADN, virus y moléculas solas de drogas (Patolsky & Lieber: 2005).
5. Caracterización de materiales para la utilización eficiente de la energía solar y diseño de aplicaciones utilizando energía solar como una contribución a la solución del problema energético. Existe la posibilidad de desarrollar sistemas de transmisión eléctrica por líneas de nanocables y almacenar la energía basada en nuevos materiales y nanotecnología (Brito & Rosellon: 2005)

### 3. Elaboración del estudio técnico

**Justificación:** Este debe realizarse, para contestar las siguientes preguntas: ¿cómo producir lo que el mercado científico y tecnológico demanda?, ¿Dónde hay que producir? ¿Qué equipo e instalaciones físicas se necesitan?. Los estudios técnicos para un proyecto deben considerar fundamentalmente cuatro grandes bloques: estudio de materias primas (facilidad de traslación y obtención de las mismas), localización general y específica del proyecto, dimensionamiento del tamaño de la planta y estudio de ingeniería del proyecto.

En el presente perfil, se da la localización y área que se consideró más óptima según la experiencia del grupo.

#### Actividades

- estudio de materias primas.
- estudio de localización general
- estudio del dimensionamiento del tamaño de la planta.
- estudio de ingeniería del proyecto.

### 4. Evaluación del estudio de impacto ambiental

**Justificación:** contemple los estudios sobre los elementos físicos naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales dentro del área de influencia del proyecto. Se realiza para

reducir al mínimo la degradación ambiental innecesaria.

### **Actividades**

- Descripción del proyecto.
- Definición del ámbito del estudio.
- Inventario y Valoración Ambiental, así como síntesis (matriz de cruce).
- Previsión de Impactos.
- Evaluación de Impactos.
- Comparación de Alternativas.
- Medidas Correctoras.
- Impactos Residuales.
- Programa de Vigilancia y Control.
- Memoria de Síntesis (Resumen).

## **5. Elaboración del estudio de factibilidad y perfil final de proyecto**

**Justificación:** Evaluación preliminar de la viabilidad técnica y económica, comparando enfoques alternativos de varios elementos del proyecto y recomendar las alternativas más adecuadas. Se prevé la preparación del perfil final del proyecto a implementar

### **Actividades relevantes:**

- Incorporar el diagrama de funcionamiento, administración y organización del Parque Científico y Tecnológico
- Elaborar el Plan Estratégico del Parque Científico y Tecnológico que incluya:
  - Aspectos Éticos, especialmente orientados a definir y establecer parámetros de ética dentro en el ambiente de trabajo asegurando que los materiales y productos que se obtengan cumplan con esos parámetros.
  - Aspectos Ambientalistas, tales como determinar el impacto ambiental que los productos y subproductos que se obtengan de la investigación y sus aplicaciones puedan generar y restringir el uso de materiales y productos que sean producto de la investigación y que deterioren el medio ambiente.
  - Aspectos Sociales, con énfasis en estudiar el impacto a nivel social y humano de los productos que se obtengan de la investigación, establecer contactos con la industria para apoyar en el desarrollo de productos de interés y estudiar potenciales proyectos que contribuyan para mejorar el nivel de vida de los guatemaltecos.

## **6. Búsqueda de Socios del proyecto**

Como se ha mencionado, se requiere el esfuerzo de tres sectores para la financiación de un parque tecnológico en nanotecnología. El sector gubernamental (por medio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y los ministerios de estado afines), el sector académico (con base en las universidades del país con mostrado interés en la temática) y del sector privado, el cual se considera clave para la definición de las líneas de investigación dentro del parque científico y tecnológico. Es importante entusiasmar a las empresas para permitir su adherencia al proyecto.

### **Actividades**

- Buscar contactos con las empresas. En primer lugar, buscar las empresas guatemaltecas, más grandes, como lo es Cementos Progreso, las empresas del consorcio de la Cervecería Nacional y Alimentos de Guatemala, el complejo azucarero y derivados, y empresas trasnacionales interesadas.
- Indagar sobre sus necesidades de desarrollo y mejoramiento de nuevos productos.
- Ofrecimiento de espacio físico y recurso capacitado para la investigación.

## **7. Adquisición de fondos para el proyecto y Firma de Convenios a Nivel Nacional e Internacional.**

Obtenido el financiamiento requerido para implementar el proyecto se procede a realizar:

- Plan de Ejecución del Proyecto
- Gerencia de Obra
- Administración del proyecto en operación

## **ALGUNAS CARACTERISTICAS RELEVANTES**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

La conformación general del parque tecnológico se sugiere en la figura no. 1, en forma de zonificación espacial por áreas de actividad: administración del proyecto, investigación y análisis, producción, almacenaje y comercialización, estacionamientos y áreas verdes y ambientales.

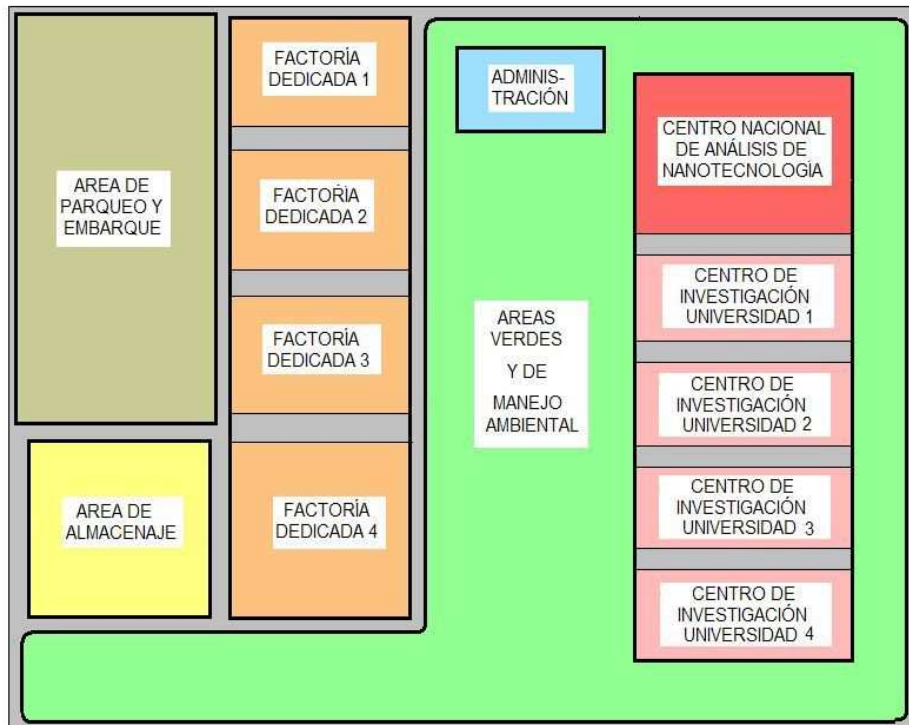
Dentro de las características de la propuesta se puede mencionar especialmente:

- El área de administración central del proyecto será la encargada de promover el desarrollo del proyecto, implementación y ampliación. Así mismo, la administración del espacio, mantenimiento, comercialización de espacios y gerencia general.
- El laboratorio con tecnología de punta e instrumentación avanzada para realizar análisis especializados de nanotecnología.
- Cada universidad contará con un centro para desarrollar investigación y desarrollo de nuevos productos, facilitando la formación de equipos multidisciplinarios en todas las áreas de investigación y el intercambio entre universidad e industria. Se sugiere que cada centro de investigación pueda tener objetivos específicos y propios sectorizados dentro del parque. Allí se desarrollarán proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i<sub>2</sub>) brindando servicio y capacitación a la industria nacional e internacional con énfasis en las empresas asentadas en el parque.
- En la zona de producción, las empresas elaborarán productos de innovación basados en nanotecnología. Como en el caso de la zona de centros de investigación, esta zona

contará con diversas industrias especializadas y complementarias entre sí, de acuerdo a las líneas prioritarias definidas.

- En la zona de almacenaje y comercialización existirán espacios para la promoción de productos y asesorías, promoción y comercialización y bodegas para productos de exportación
- Es importante la existencia de las zona de áreas verdes, recreación y manejo de desechos del parque para la conservación ambiental del entorno
- El proyecto deberá contemplar zonas habitacionales aledañas al mismo, incluyendo condominios habitacionales, zonas de servicios y hospedaje.
- Consecuentemente, el proyecto deberá prever espacios para la ampliación futura del parque tecnológico como proyecto de desarrollo de la zona en que se ubique.

**Figura No. 4.** Zonificación del parque científico y tecnológico



Fuente propia

## ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

La organización sugerida del Parque tecnológico puede ser la siguiente:

- a) El **Consejo Directivo** integrado por el Ministro de Economía, el representante de las Cámaras Empresariales, los Rectores de las universidades acreditadas, el Secretario

Nacional de Ciencia y Tecnología y el Gerente General

b) El **Gerente General**, cuyo nombramiento emana del Consejo Directivo, es el funcionario superior del parque y tiene a su cargo, entre otras tareas la dirección, organización y administración del mismo.

c) El **Subdirector Técnico** es el Segundo funcionario en la jerarquía superior del parque.

d) El **Gerente Administrativo y Financiero** tiene a su cargo todos los aspectos administrativos y financieros.

e) El **Asistente del Gerente para Planificación y Desarrollo Institucional** cumple la función básica de asesorar en los aspectos que su título indica.

f) El **Comité Ejecutivo** esta integrado por el Gerente General, el Subdirector Técnico, el Gerente Administrativo y Financiero, el Asistente de Gerencia para Planificación y Desarrollo Institucional y el Director del Centro Nacional de Análisis de Nanotecnología, quienes tienen a su cargo asesorar a la gerencia del parque y colaborar con él en la toma de decisiones de importantes y en aspectos de la política del Instituto.

g) El **Centro Nacional de Análisis de Nanotecnología** para el desempeño de sus funciones cuenta con las siguientes divisiones:

*División de investigación Aplicada*, se ocupa esencialmente de las labores de investigación y experimentación en materia de procesos y productos industriales. Abarca, por tanto, el estudio de procesos tecnológicos y métodos para la utilización de los recursos naturales de la región, particularmente los de origen agrícola e industria de alimentos.

*División de Servicios Técnico-Industriales*, se ocupa fundamentalmente de los servicios que presta el Instituto en los campos de economía y la ingeniería industriales. Dentro de estos, los principales son; estudio e investigaciones de mercados y comercialización de productos, de viabilidad técnico económicos de proyectos industriales, de ramas y sectores de la industria en niveles regional y nacional, de organización y racionalización de empresas, de costos, de ampliación y modernización de operaciones productivas, de disponibilidad de materias primas de productividad y otras similares.

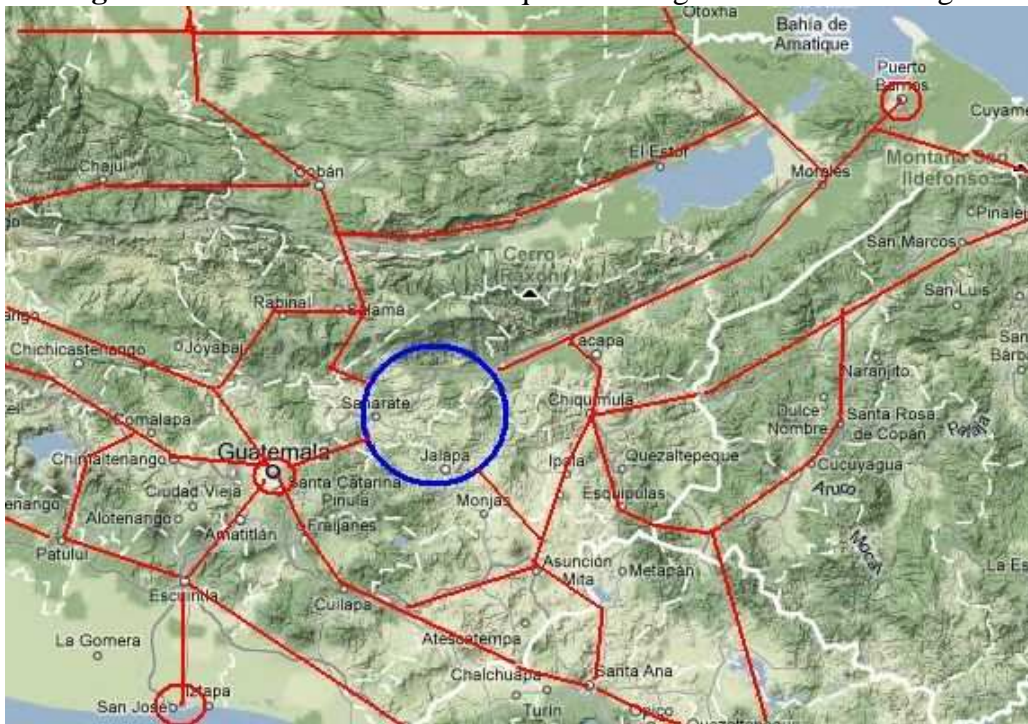
*División de Desarrollo Científico y Tecnológico*, que incluyen realizar estudios de investigación en el campo de la ciencia y la tecnología aplicada al desarrollo y la coordinación de las labores del Instituto en el campo de la enseñanza y la capacitación de personal en las ramas afines de la ciencia y la tecnología.

*División de Documentación e Información*, con apoyo de la biblioteca y centro de documentación, en la prestación de servicios al personal y público interesado incluyendo servicios bibliográficos y de consulta.

## LOCALIZACIÓN

El parque tecnológico se ubicaría entre El Progreso y Zacapa. El Progreso es un departamento de Guatemala localizado en el centro del país, con un accidentado relieve, en el que destacan las sierras de Chuacús, de las Minas y la depresión del río Motagua. Tiene un clima cálido tropical. La agricultura es la dedicación económica predominante, con cultivos de cacao, café, cítricos, tabaco y trigo. No obstante, la minería adquiere cierta relevancia mediante la explotación de minerales preciosos, hierro, amianto y cristal de roca para joyería. La industria está poco desarrollada, con pequeñas instalaciones que se dedican a la elaboración de jarcias y sombreros de palma. Su localización espacial hace que se beneficie de las relaciones entre la capital, Guatemala, y Puerto Barrios, sobre todo por la línea férrea transcontinental que los atraviesa.

**Figura No. 5.** Localización del Parque Tecnológico de Nanotecnología



Fuente: Google Maps

## TAMAÑO

La propuesta no contempla ningún límite dimensional, por lo que, el parque científico debe contener las siguientes extensiones:

- Mínimo 20,000 metros cuadrados de construcción, con opción a poderse construir otros 20,000 metros cuadrados en el futuro, que consiste en el laboratorio central, las instalaciones para la industria y parqueo
- Terreno de 5 manzanas como mínimo, de fácil acceso por todo tipo de vehículo.



## DESCRIPCION DEL LABORATORIO CENTRAL DEL PARQUE

El laboratorio común, que estamos llamando Centro Nacional de Análisis de Nanotecnología, sería un edificio de al menos tres niveles contando con ambientes estériles y varios laboratorios dedicados, siendo las instalaciones y los principales equipo para la investigación, análisis, pruebas y ensayo los siguientes:

- laboratorio de química orgánica
- laboratorio de química inorgánica
- laboratorio de tecnología de materiales
- laboratorio de tecnología de alimentos
- laboratorio de tecnología farmacéutica
- laboratorio de microbiología industrial.
- laboratorio de análisis instrumental
- laboratorio de metrología.

Los servicios analíticos especializados del centro estarían relacionado con equipos para realizar técnicas de caracterización de Nanomateriales por medio de Microscopia de Fuerza Atómica –AFM, Fotoluminiscencia de excitación, Espectroscopía de fotoemisión, X-ray absorption near edge structure. (XANES), High-resolution transmission electron microscopy (HRTEM) y High-resolution transmission scanning electron microscopy (HRSEM)

Se estima que el edificio del laboratorio central debe ser de por lo menos tres pisos de acuerdo a los laboratorios e instrumental propuesto. El propietario del inmueble sería el Cluster conformado por las Universidades participantes, el gobierno y el sector privado nacional e internacional. El laboratorio, contaría con un área para cada nivel de 1000 m<sup>2</sup>

Una primera estimación del costo inicial del Laboratorio Central está cercana a los siete millones de dólares. Se desglosa esa estimación en la tabla No. 2 de la página siguiente.

## INFRAESTRUCTURA DEL PARQUE

El diseño de los edificios destinados a industrias serían especie de bodegas donde pudieran ubicarse las empresas y desarrollar o mejorar sus productos. Como se observa, se debe colocar además en los edificios, los diferentes servicios sanitarios, tratamiento de agua y tratamiento de residuos líquidos y sólidos, incluyendo área de descanso, varias zonas destinadas a empresas y una pequeña área de descanso, con una laguna artificial. Dentro del área de edificios administrativos, se contempla colocar una división de documentación que comprende una biblioteca científica y técnica y una unidad de publicaciones.

La infraestructura del laboratorio y demás edificaciones debe cumplir con todas las normas establecidas para la construcción, ateniéndose principalmente a la seguridad de las personas, desde los cimientos hasta las paredes, el techo, las instalaciones eléctricas, de plomería, normas de seguridad, higiene, prevención de accidentes, y relacionadas especialmente con la aglomeración de personas.

**Tabla No. 2.** Inversión de Capital para el Centro de Análisis

Cantidad	Suministro, Equipo ó Material	Costo	Costo Total
5	Escritorios	\$70.00	\$350.00
300	Metros cuadrado de construcción	\$55.00	\$16,000.00
5	Computadoras	\$1,000.00	\$5,000.00
1	Supercomputadora para Modelaje Molecular	\$15,000.00	\$15,000.00
4	Licencias diversas para MM (Gaussian 3G)	\$600.00	\$2,400.00
1	Espectrofotómetro Infra Rojo (Thermo®)	\$25,000.00	\$25,000.00
1	Espectrómetro de NMR	\$850,000.00	\$850,000.00
1	Microscopio de Barrido Electrónico	\$1,267,000.00	\$1,267,000.00
1	Analizador Termogravimétrico (TGA)	\$20,000.00	\$20,000.00
1	Espectrómetro de Masas	\$24,000.00	\$24,000.00
1	ICP-MS	\$45,000.00	\$45,000.00
1	Un Analizador con difracción para	\$2,000,000.00	\$2,000,000.00
1	Analizador de Fluorescencia de Rayos X	\$50,000.00	\$50,000.00
1	Cromatógrafo Líquido de Alta Resolución	\$18,000.00	\$18,000.00
1	Espectrómetro MRI	\$62,000.00	\$62,000.00
1	Campana de Flujo Laminar	\$2,000.00	\$2,000.00
1	Bomba Calorimétrica	\$3,000.00	\$3,000.00
1	Analizador Multifuncional de Propiedades	\$39,000.00	\$39,000.00
2	Recirculador (Chiller)	\$2,500.00	\$5,000.00
1	Aparato para toma de Puntos de Fusión	\$1,400.00	\$1,400.00
2	Mantas de Calentamiento	\$1,000.00	\$2,000.00
2	Estufa con Agitador	\$800.00	\$1,600.00
1	Baño de Ultrasonido	\$1,300.00	\$1,300.00
3	Balanza analítica	\$1,800.00	\$5,400.00
1	Equipo de Laboratorio básico	\$1,800.00	\$1,800.00
1	Espectrómetro RAMAN	\$120,000.00	\$120,000.00
1	Microscopio Con detector IR (Thermo®)	\$80,000.00	\$80,000.00
1	Mantenimiento para Equipos	\$2,500,000.00	\$2,500,000.00
5	Suscripciones a revistas	\$400.00	\$2,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$7,164,750.00</b>

Fuente: Grupo de trabajo No. 2 del curso de Nanotecnología (2009)

Se realizará un estudio de suelos previo a la construcción de cimentaciones de los edificios. La selección de los materiales de construcción está en dependencia del diseño, las características del lugar y la disponibilidad económica que no debe sacrificar la seguridad y comodidad.

Un ejemplo de esto sería el uso de concreto reforzado, el que debe diseñarse y construirse de acuerdo con las normas de construcción vigente, y ser trabajado por personal capacitado y con licencia de construcción. Además de la colocación de un cimiento diferente para el laboratorio, y eliminar las vibraciones del edificio. Las paredes deben ser construidas con materiales resistentes, especialmente a sismos e incendios. Materiales como la mampostería confinada o el concreto armado son muy recomendables.

## INSTALACIONES SANITARIAS

El mercado debe contar con instalaciones apropiadas de agua potable, y drenaje de aguas servidas, tales como aguas negras y aguas pluviales. Las instalaciones de drenaje deben

finalizar en un tratamiento primario para luego desfogarse al colector municipal. El artefacto debe conectarse a una válvula de limpieza para evacuar los lodos acumulados. El cálculo de un ingeniero sanitario debe ser realizado para establecer el sistema apropiado de tratamiento, tanto de agua potable como de aguas pluviales, lagunas de oxidación, cajas de trampas de grasa, pozos sépticos y otros, con los diámetros correctos, presión suficiente, válvulas, salidas, accesorios y aparatos sanitarios correctos, previsiones correspondientes y otros elementos del sistema.

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

De la misma forma que se debe hacer un diseño apropiado para la red sanitaria, el sistema electrónico debe ser diseñado y elaborado por ingenieros electrónicos o electricistas experimentados, que diseñen el sistema completo, las cargas, la red, la alimentación correcta de la energía, las previsiones futuras, las medidas de seguridad, las acometidas, el cableado, las salidas para cada tramo y cada ambiente del mercado, la ubicación de los paneles electrónicos, entre otros elementos. Debe construirse una estación eléctrica en donde se encuentren instalados todos los contadores eléctricos de los comercios.

## INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO

Se presenta en la tabla no.3 un estimado inicial de la inversión requerida para el establecimiento del parque, incluyendo la adquisición de terreno, construcción de vías de acceso, infraestructura y servicios básicos, construcción de edificios para administración del proyecto, edificios tipo bodega para la instalación de empresas y almacenes, construcción del laboratorio nacional de análisis, zonas de estacionamiento y tránsito dentro del parque e construcción de las instalaciones de administración ambiental y áreas verdes.

**Tabla No. 3.** Inversión Estimada de Capital Inicial del Parque

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo unitario US\$</b>	<b>Costo Total US\$</b>
2,000,000	Terreno m <sup>2</sup>	\$10.00	\$20,000,000.00
800,000	Urbanización del proyecto	\$5.00	\$4,000,000.00
5	Vías de acceso y comunicaciones km	\$9,600.00	\$48,000.00
500	Edificio de administración 500 m <sup>2</sup>	\$55.00	\$27,500.00
1	Edificio y equipamiento del Centro Nacional		\$7,163,250.00
1000	10 Edificios tipo bodega para industrias	\$55.00	\$550,000.00
1500	5 Edificios tipo bodega para almacenes	\$55.00	\$412,500.00
1	Instalaciones de tratamiento de desechos		\$500,000.00
1,750,000	Áreas verdes y reforestación m <sup>2</sup>	\$4.00	\$7,000,000.00
1	Diseño e ingeniería	\$100,000.00	\$100,000.00
1	Aspectos legales y ambientales	\$50,000.00	\$50,000.00
1	Intangibles	\$200,000.00	\$200,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$40,051,250.00</b>

## CONCLUSIONES

Aunque este documento constituye únicamente un ejercicio académico, se pueden inferir algunas conclusiones pertinentes para iniciativas de este tipo:

1. el desarrollo de la nanotecnología en Guatemala constituye un tema de agenda muy importante en el contexto de la economía de innovación, la inversión de capital inicial en proyectos de este tipo son elevados, lo que obliga a la realización de iniciativas conjuntas entre entidades gubernamentales, iniciativa privada, cooperación internacional y universidades.
2. existen diversos temas de investigación en nanotecnología, pero se deberán seleccionar líneas prioritarias básicas para el país que contribuyan al desarrollo nacional permitiendo la competitividad globalizada
3. las alianzas estratégicas en términos de cooperación para la investigación y desarrollo con entidades de otros países son esenciales para lograr el despegue de iniciativas como la de parques tecnológicos y científicos.
4. la implementación de proyectos de este tipo conlleva la promoción de polos de desarrollo, la capacitación de alto nivel, el desarrollo de investigación y la producción de bienes y servicios novedosos.
5. se requiere para la implementación de proyectos de este tipo que se revisen y elaboren leyes y reglamentos específicos de tal forma que se obtenga certeza jurídica y el marco regulatorio necesario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **APTE - ASOCIACIÓN DE PARQUES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DE ESPAÑA.** *Definición de Parque.* Consultado en: <http://www.apte.org/es/definicion-de-parque.cfm>
2. **AMERICAN ELEMENTS** (2010). Nanotechnology Information Center. Consultado en: <http://www.americanelements.com/nanotech.htm>
3. **BRITO, DAGOBERT & ROSELLON, JUAN** (2005). *Energy and Nanotechnology: Prospects for Solar Energy in the 21<sup>st</sup> Century.* Institut for Public Policy of Rivece University. Consultado en: <http://www.bakerinstitute.org/publications/the-political-economy-of-solar-energy>
4. **CAEU - CENTRO DE ALTOS ESTUDIOS UNIVERSITARIOS** ( \_\_\_\_ ). *La Nanotecnología en Iberoamérica: Situación Actual y Tendencias.* Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Rodolfo Barrere, Coordinador. Documentos de Trabajo N.º 04.
5. **CONWAY, GORDON; WAAGE, JEFF & DELANEY, SARA** (2010). *The Power of Innovation.* Development Outreach magazine. World Bank Institute (WBI). July. Consultado en: <http://wbi.worldbank.org/wbi/devoutreach/2010/july>
6. **FERNÁNDEZ, ANTONIO** (2008). *La geografía de la nueva economía, Implicaciones para el diseño de Parques Tecnológicos.* IDOM Consultoría. Ponencia del Mini Foro IBEROEKA-CYTED. 3 y 4 marzo. Acapulco.

7. **FEYNMAN, RICHARD.** (1959). *There's Plenty Room at the Bottom*. Consultado en: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>
8. **FOLADORI G.** (2007). *Nanotechnology in Latin America t the Crossroads*. Nanotechnology Law & Business (Vol. 3, Sigue 2).
9. **FOLADORI, G.; FUENTES V.** (2007). *Nanotecnología en Chile, ¿Hacia una economía del conocimiento?*. Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad RELANS. (estudiosdeldesarrollo.net).
10. **GOOGLE MAPS** (2010). *Guatemala*. Consultado en: <http://maps.google.com/>
11. **INFORMES DE GRUPO** (2010). *Curso de Especialización en Nanotecnología*. Dirección General de Investigación DIGI. Universidad de San Carlos de Guatemala.
12. **IASP - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PARKS** (2010). *About Science and Technology Parks*. Consultado en: <http://www.iasp.ws/publico/index.jsp?enl=2>
13. **MOLINA, ARTURO** (2007). *Experiencias en el Desarrollo y Operación de Parques Tecnológicos*. Tecnológico de Monterrey. Ponencia del Mini Foro IBEROEKA-CYTED. 3 y 4 marzo. Acapulco.
14. **NANOTECHNOLOGY NOW** (2008). *Microfluidics Introduces Wide Range of Microfluidizer Processors for Pharmaceutical and Biotechnology Industries*. Consultado en: [http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=31442](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=31442)
15. **NANOWERK** (2007). *Nanotechnology barcodes to quickly identify biological weapons*. Consultado en: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1585.php>
16. **ONDÁTEGUI, JULIO CÉSAR** ( \_\_\_\_\_ ). *Parques Científicos y Tecnológicos: Los Nuevos Espacios Productivos del Futuro*. Universidad Complutense. Madrid. Consultado en: [http://dialnet.unirioja.es/servlet/dcfichero\\_articulo?codigo=111734&orden=0](http://dialnet.unirioja.es/servlet/dcfichero_articulo?codigo=111734&orden=0)
17. **PARQUE TECNOLÓGICO DE ANDALUCÍA**. Consultado en: <http://www.pta.es/>
18. **PARQUE TECNOLÓGICO DEL MOTOR DE ARAGÓN**. Consultado en: <http://www.parquetecnologicodelmotor.com/pagEstatica.aspx?id=1>
19. **PATOLSKY, FERNANDO AND LIEBER, CHARLES M.** (2005). *Nanowire nanosensors*. Harvard University, Cambridge. Consulta en: [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6X1J-4FRB1X2-P&\\_user=10&\\_coverDate=04%2F30%2F2005&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_sort=d&\\_docanchor=&\\_view=c&\\_searchStrId=1394894284&\\_rerunOrigin=google&\\_acct=C00005021&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=9570d6ac4866e6e4cf8bd69f0ba85208](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6X1J-4FRB1X2-P&_user=10&_coverDate=04%2F30%2F2005&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_sort=d&_docanchor=&_view=c&_searchStrId=1394894284&_rerunOrigin=google&_acct=C00005021&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=9570d6ac4866e6e4cf8bd69f0ba85208)
20. **ROCO C. AND SIMS W.** (2001). *“Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology”*. Estados Unidos: National Science Foundation. 1-280 pp.
21. **UNIVERSITY OF ILLINOIS AT URBANA-CHAMPAIGN** (2006). *Micro and Nanotechnology Laboratory*. Consultado en: <http://mmtl.illinois.edu/Cleanroom-equipment.htm>

## BIBLIOGRAFÍA

22. **ALBA BUENO, MANUELA** (2006). *Estudio y Caracterización con Microscopía de Escaneo de Nano-materiales empleables en nuevas arquitecturas para memorias*. Universidad de Granada. Departamento de Arquitectura y Tecnología. 1-211 pp.
23. **ÁLVAREZ MEJÍA, WILLIAMS** (2004). *Estudio Diagnóstico de Capacidades y Oportunidades en Ciencia, Tecnología e Innovación en Guatemala*. Guatemala: Comisión para el Desarrollo Científico y Tecnológico de Centroamérica y Panamá -CTCAP-, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, 2004" 1-77 pp.
24. **ANÓNIMO** (1999). *Nanotechnology: Shaping the World Atom by Atom*. National Science and Technology Council, Committee on Technology the Interagency Working Group on NanoScience Engineering and Technology. Estados Unidos.
25. **AVILA. A Y GARCÍA A.** (2004). *Educación de la Micro y la Nanotecnología*. II Conferencia IEEE Internacional del área ANDINA-ANDESCON, Memorias.Colombia.1-7 pp.
26. **BARNABY, J. FEDER** (2002). *At IBM, a Tinier Transistor Outperforms Its Silicon Cousins*. New York Times. 20 de mayo.
27. **BIEL B. et. al.** (2006). *Nanociencia: Manipulación a Escala Atómica y Molecular*. Revista Sistema Madrid.España.
28. **BIEL B. et. al.**(2005). *Veeco Instruments Inc*. Santa Barbara, CA
29. **BOOKER, RICHARD AND BOYSEN, EARL** (2005). *Nanotechnology for Dummies*. Estados Unidos: Wiley Publishing Inc.
30. **BONNELL, D.A.** (2001). *Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy*. 2nd. Ed. USA: Wiley-VCH.
31. **CABRERA DE VILLAGRÁN, LIUBA MARÍA.** (2008). *Talleres para la Difusión de la Nanotecnología y sus Aplicaciones*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1-85 pp. Guatemala
32. **BANKINTER** (2006). *NANOTECNOLOGÍA, La Revolución Industrial del Siglo XXI*. s.l.: Fundación de la Innovación BANKINTER.
33. **COMUNIDAD DE MADRID** (2006). *Nanociencia y Nanotecnología I*. Revista Miod. Vol. 34, enero-febrero. Madrid. Consultado en: <http://www.madrimasd.org/revista/revista34/sumario.asp>
34. **COMUNIDAD DE MADRID** (2006). *Nanociencia y Nanotecnología II*. Revista Miod. Vol. 35, marzo-abril. Madrid. Consultado en: <http://www.madrimasd.org/revista/revista35/sumario.asp>
35. **CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA CONACYT** (2006). *Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. San Salvador
36. **CRUZ M. Y CASTRELLÓN-URIBE, J.** (2005). *Microscopio de Fuerza Atómica*. Encuentro

- de Investigadores en Ingeniería Eléctrica. Marzo 17-18, Memorias.39600pp. Zacatecas.
37. **DRESSELHAUS M.S. et al.** (2002). *Raman Spectroscopy of Nanoscale Carbons and of an Isolated Carbon Nanotube*. **Mol. Cryst. Liq. Cryst.** (Vol. 387).[245]/21-[253]/29.
  38. **ENOMOTO KAZUKI et. al.** (2006). *Measurement of Young's modulus of carbon nanotubes by nanoprobe manipulation in a transmission electron microscope*. *Applied Physics Letters*. (No. 88, 153115 (2006)).153115-1/153115-4 pp.
  39. **GROUP ETC.** (2003). *La Inmensidad de los Mínimo*. Grupo ETC.
  40. **GUERRA C. y ZYPMAN F.** (2000). *Microscopio Educativo de Fuerza Atómica*. *Journal of Materials Education*. Vol. 22, No. 1-3. 34-38 pp. México. Disponible en la red: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/266/26622306.pdf>
  41. **INTI - INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL.** *Proyectos del INTI en Nanotecnología*. Argentina: INTI, s.a.
  42. **LISTERUD, J.M.; SINTON, S.W. AND DROBNY, G.P.** (1989). *NMR, Imaging of Materials*. *Analytical Chemistry*. Vol. 61, No. 1, January. 148-158 pp.
  43. **MARTÍNEZ, D.; GIL, O.D. Y BARÓN, A.J.** (2006). *Espectrometría de Fluorescencia de rayos X*. *Revista Colombiana de Física*. Vol. 38, No. 2, 790-794 pp. Colombia
  44. **MATHEW, A. ET. AL.** (2005). *X-ray Photoelectron Spectroscopy of High-k Dielectrics*. *Characterization and Metrology for ULSI Technology*. (CP788). 85-92 pp.
  45. **MENDOZA G. Y RODRÍGUEZ J.L.** (2007). *La Nanociencia y La Nanotecnología: Una revolución en curso*. *Perfiles Latinoamericanos*. México. (enero-junio, No. 027). 161-186pp.
  46. **MULLER, T.** (2005). *Scanning Tunneling Microscopy: A Tool for Studying Self-Assembly and Model Systems for Molecular Devices*. *Veeco Instruments Inc.* (Santa Barbara, CA)(AN 85, Rev AO, 1/05).
  47. **NEBESNY, K.W.; MASCHHOFF, B.L. AND ARMSTRONG N.R.** *Quantitation of Auger and X-ray Photoelectron Spectroscopies*. *Analytical Chemistry*. (Vol. 61, No. 7 April). 452-459 pp. 1989
  48. **SENACYT** (2005). *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología 2005-2014*. Guatemala.
  49. **WIRTH, M.J.** *Ultrafast Spectroscopy*. *Analytical Chemistry*. (Vol. 62, No. 4, February) 57-63 pp. 1990
  50. **ZHOU, LI AND SUN, YAN** (2006). *Storage of Hydrogen on Carbon Materials: Experiments and Analyses*. *Chem Eng. Comm.* (No. 193). 564-579pp.

**FEDERICO G. SALAZAR**

Ingeniero Químico graduado del TEC de Monterrey, con estudios de maestría en Ingeniería Química de la Universidad Central de Venezuela. Posgrado en Integración Regional de la Universidad Rafael Landívar-Universidad de Pisa Italia, especialización en Desarrollo y Ambiente de FLACSO-Guatemala. Diplomado en Instrumentación Industrial de la Facultad de Ingeniería USAC y ATIGUA. Docente ha sido universitario de la Universidad del Valle de Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Universidad de San Carlos de Guatemala y Mariano Gálvez. Actualmente en la dirección de Investigación de la Facultad de Ingeniería URL.

## ANEXO

### LISTADO DE ESTUDIANTES DEL CURSO DE POSGRADO EN NANOTECNOLOGÍA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Con el Apoyo del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología



Se Complacen En Invitarle Al Acto de Graduación de la  
**Especialización en Nanotecnología**  
a Nivel de Postgrado

Acto que se llevará a cabo el día 6 de noviembre a las 10:00 horas, en el  
Salón General Mayor "Dr. Adolfo Mijangos López"  
Universidad de San Carlos de Guatemala –MUSAC-,  
9 AV. 9 – 79 Zona 1.

"Idy Enseñad a todos"

Guatemala, noviembre de 2009

1. Andrea Eunice Rodas Moran, [aerm iq@yahoo.es](mailto:aerm iq@yahoo.es)
2. Cesar García, [chechalgar@yahoo.com](mailto:chechalgar@yahoo.com)
3. Christian David Farfán Barrera, [zxzbarrera@hotmail.com](mailto:zxzbarrera@hotmail.com)
4. Conrado Duckas Illescas, [cdi@galileo.edu](mailto:cdi@galileo.edu)
5. Edgar Eduardo Escribá Soto, [ees963@yahoo.com](mailto:ees963@yahoo.com)
6. Federico G. Salazar, [correo@fsalazar.bizland.com](mailto:correo@fsalazar.bizland.com)
7. Gabriela Alejandra Tobar González, [gagonzalez@alkemycorp.com](mailto:gagonzalez@alkemycorp.com)
8. German Manuel Peralta Calito, [germanperalta09@yahoo.com](mailto:germanperalta09@yahoo.com)
9. Glen Jui Baechli, [juibaechli@yahoo.com.mx](mailto:juibaechli@yahoo.com.mx)
10. Juan José Molina Galeano, [juanjo3\\_16@hotmail.com](mailto:juanjo3_16@hotmail.com)
11. Lissete Madariaga, [almaidariaga@hotmail.com](mailto:almaidariaga@hotmail.com)
12. Liuba Cabrera de Villagrán, [prunian@usac.edu.gt](mailto:prunian@usac.edu.gt)
13. María Gabriela Paniagua Cabarrús, [vicolula@yahoo.com](mailto:vicolula@yahoo.com)
14. Mario Manuel Rodas Morán, [mmrodas@mac.com](mailto:mmrodas@mac.com)
15. Mario Renato Escobedo Martínez, [renato.e@provelec.com](mailto:renato.e@provelec.com)
16. Mirsa Adela Soto de León, [masdelgt@yahoo.com](mailto:masdelgt@yahoo.com)
17. Olga Patricia Guerra de Hazbun, [pghazbun@yahoo.com](mailto:pghazbun@yahoo.com)
18. Otto Miguel Hurtarte, [omhh007@gmail.com](mailto:omhh007@gmail.com)
19. Pedro Guillermo Jayes Reyes, [pedrojayes@yahoo.com](mailto:pedrojayes@yahoo.com)
20. Roberto Agustín Cáceres Staackmann, [rcstaackmann@yahoo.es](mailto:rcstaackmann@yahoo.es)
21. Rodrigo José Vargas Rosales, [rodrigochepe@gmail.com](mailto:rodrigochepe@gmail.com)
22. Samuel Orlando Álvarez Barbero, [so.linter@hotmail.com](mailto:so.linter@hotmail.com)
23. Verónica Chapetón Quiñónez, [veronicachapeton@hotmail.com](mailto:veronicachapeton@hotmail.com)
24. Víctor Herbert De León, [vihedel@yahoo.com](mailto:vihedel@yahoo.com)
25. Víctor Manuel Monzón Valdez, [vimamonzon@hotmail.com](mailto:vimamonzon@hotmail.com)
26. Víctor Raúl Freire Martínez, [rfreire@umg.edu.gt](mailto:rfreire@umg.edu.gt)