

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA  
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES  
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**GUÍA PARA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL PARA EL PARQUE  
CIENTÍFICO INTENOR EN BARCELONETA**

Requisito parcial para la obtención del  
Grado de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental  
en Planificación

Por  
Silvette M. Mirand Abadía

4 de mayo de 2010

## **DEDICATORIA**

*A todas las personas que se preocupan  
por tratar de alcanzar la armonía con la naturaleza.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a todas las personas que me han apoyado durante este arduo proceso. En primer lugar, quiero agradecer a mi comité de tesis compuesto por José J. Villamil, BSC., José O. García, MP y Ebenezer Negrón, ABD, este último de manera especial por todo el tiempo y apoyo que me dedicó. Además, aprovecho para agradecer al presidente ejecutivo, Felipe Candelaria, y vicepresidente ejecutivo, Elliot Rodríguez, de INTENOR por brindarme su tiempo cuando tuve preguntas o necesité hacer visitas al área de estudio. También, agradezco a Alejandro, estudiante de maestría en el Colegio de Mayagüez, por ayudarme en la comprensión del concepto de costo-beneficio. De igual forma, agradezco al doctor Carlos M. Padín, PhD., decano de la Escuela de Asuntos Ambientales, por ayudarme con la información y contactos relacionados al parque científico de INTENOR. También, quiero agradecer a mi familia y a la familia de mi esposo, quienes me brindaron todo su apoyo, oraciones y fortaleza para terminar. En especial, quiero agradecer a mi esposo, Raúl Rosario, y a mi hermano, Fritz J. Mirand, por toda la ayuda que me dieron en los días finales del semestre. Muchas gracias a todos por ayudarme a completar esta etapa de crecimiento y esfuerzo.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE APÉNDICES.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
Trasfondo del problema.....	1
Problema de estudio.....	8
Justificación.....	11
Metas y objetivos.....	16
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
Trasfondo histórico.....	17
Marco conceptual o teórico.....	21
Estudio de casos.....	35
Marco legal.....	40
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	48
Área de estudio.....	48
Fuente de datos.....	53
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	57
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
Conclusiones.....	64
Recomendaciones.....	66
Limitaciones.....	67
CAPÍTULO IV: PLAN DE ACCIÓN.....	68
LITERATURA CITADA.....	77

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estimado de consumo actual de energía e impacto ambiental asociado para el Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR.....	85
Tabla 2. Estimado de consumo actual de agua e impacto ambiental asociado para el Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR.....	86
Tabla 3. Estimado de generación total de desperdicios sólidos para el Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR.....	87
Tabla 4. Estimado de impacto ambiental asociado a la generación de desperdicios sólidos del Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR.....	88
Tabla 5. Estimado de impacto ambiental total asociado al consumo actual de energía, agua y generación de desperdicios sólidos para el Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR.....	89
Tabla 6. Descripción de estrategias generales para la Sostenibilidad Ambiental del Parque Científico INTENOR.....	90
Tabla 7. Descripción de estrategias modeladas para la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.....	94
Tabla 8. Resultados de análisis de costo-beneficio para la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.....	95
Tabla 9. Resultados de análisis de impacto ambiental para la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.....	96
Tabla 10. Análisis global del efecto económico y ambiental que tendría la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Iniciativa Tecnológica del Norte (INTENOR).....	99
Figura 2. Esquema plan propuesto para el parque científico INTENOR.....	100
Figura 3. Efecto ambiental al implantar las estrategias propuestas (primera fase) para el Centro para el Desarrollo Humano del Parque Científico INTENOR en términos de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	101
Figura 4. Efecto ambiental al implantar las estrategias propuestas (primera fase) para el Centro para el Desarrollo Humano del Parque Científico INTENOR en términos de huella ecológica.....	102
Figura 5. Calificación en eficiencia energética de edificios.....	103

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1. Ejemplo de cálculos para determinar consumo actual de energía y agua y generación de desperdicios del parque científico INTENOR y el impacto ambiental asociado.....	105
Apéndice 2. Ejemplo de cálculos para estimados (modelos) relacionados con las estrategias.....	110

## LISTA DE ABREVIATURAS

AAA –	Autoridad de Acueductos y Alcantarillados
ADS –	Autoridad de Desperdicios Sólidos
AEE –	Autoridad de energía Eléctrica
AES –	<i>Applied Energy System</i>
APTE –	Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España
ASHRAE –	Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
CETA –	Centro de Excelencia de Tecnología Avanzada
CNUMAD –	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
CO <sub>2</sub> –	Bióxido o dióxido de Carbono
CREDIS –	<i>Center for Research and Development and Industrial Support</i> (Centro de Innovación y Desarrollo Regional)
FSC –	<i>Federal Stewardship Council</i>
ha –	Hectáreas
IASP –	Asociación Internacional de Parques Científicos y Tecnológicos
IBES –	Índice de Bienestar Económico
INTENOR –	Iniciativa Tecnológica del Norte
Kg –	Kilogramos
KWH –	Kilo-vatios por hora
LEED –	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
m <sup>3</sup> –	Metros cúbicos



- NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*
- ONG – Organizaciones No Gubernamentales
- PIB – Producto Interno Bruto
- SFWMD – Agencia Gubernamental Distrito de Manejo de Agua de Florida
- UAM – Universidad Autónoma de Madrid
- UNE – Universidad del Este
- UPC – Código de Plomería Uniforme
- USGBC – *United States Green Building Council*
- WCED – Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo

## RESUMEN

El estilo de vida de la sociedad puertorriqueña excede la biocapacidad del archipiélago de Puerto Rico manera significativa, en otras palabras, es insostenible. Aún cuando el planeta Tierra nos está presentando señales de los efectos del desarrollo insostenible, países como Puerto Rico aún no han incorporado estrategias efectivas y prácticas para alcanzar un equilibrio. Dentro de los factores que han atrasado el alcance de la sostenibilidad en Puerto Rico, identificamos la falta de modelos y educación para promover el desarrollo sostenible y eliminar el paradigma de que este tipo de desarrollo es más complicado y costoso. Por esta razón, desarrollamos una guía de prácticas simples y costo-efectivas aplicado a una institución educativa, el parque científico INTENOR en Barceloneta. Resumimos los tres objetivos de este estudio en la siguiente aseveración: desarrollar estrategias sostenibles costo-efectivas para reducir el impacto ambiental actual del parque científico INTENOR. Para cumplir esta meta y objetivos, desarrollamos un conjunto de estrategias a base del sistema de clasificación de edificios verdes *LEED* y determinamos su costo-efectividad y reducción de impacto ambiental mediante la aplicación los métodos de costo-beneficio (valor presente neto) y huella ecológica. Escogimos cinco estrategias para modelar dentro de las tres categorías ambientales de energía, agua y generación de desperdicios sólidos. La estrategia para energía fue implantar un sistema solar con placas fotovoltaicas. Las estrategias modeladas para el sector del agua fueron implantar sensores de humedad del suelo para jardines del área de estacionamiento e instalar inodoros de alta eficiencia. Las estrategias modeladas para el sector de materiales y desperdicios fueron establecer una política de compra de papel 100% reciclado certificado por la *FSC* y reciclar el 35% de los desperdicios sólidos generados. Los resultados de los estimados demostraron que el conjunto de las cinco estrategias modeladas podrían generar ganancias económicas al segundo año de haberse implantado y podrían reducir el impacto ambiental del parque en un 28%. Al implantar las estrategias modeladas o estrategias similares, el parque científico INTENOR comenzaría a convertirse en un modelo concreto de desarrollo sostenible para su comunidad, lo cual podría resultar en una exposición sobresaliente ante las otras instituciones educativas.

## ABSTRACT

The life style of the puertorrican society exceeds the biocapacity of the group of islands in a significant manner, in other words, it is unsustainable. Even though the planet Earth is showing us signals of the effects of the unsustainable development, countries as Puerto Rico have not included effective strategies to achieve equilibrium. Within the factors that may contribute to the delay in the achievement of the sustainability in Puerto Rico, we identified the lack of models and education to promote the sustainable development and to eliminate the paradigm that establishes that this type of development is more complicated and expensive. For this reason, we developed a guide of sustainable strategies simples and cost-effective applied to an educational institution, the scientific park INTENOR at Barceloneta. Summarizing the three objectives of this study under the following statement: develop sustainable cost-effective strategies to reduce the current environmental impact of the scientific park INTENOR. To comply with these goal and objectives, we developed a group of strategies based on the rating system for green building LEED and determined the cost effectiveness and environmental impact of the strategies applying the methods of cost-benefit (net present value) and ecologic footprint. We choose five strategies to model within the three environmental categories: energy, water, and solid waste. The strategy developed for energy was to implement a solar system using photovoltaic modules. The strategies developed for water were use soil humidity sensors for the landscaping located at the parking lots and use high efficiency toilettes. The strategies developed for solid waste were establish a purchasing politic to buy 100% recycled paper certified by FSC and to recycle the 35% of the solid wastes generated. The results of the estimates demonstrated that the group of strategies modeled could generate economic savings during the second year after implementation and could reduce the 28% of the park environmental impact. Implementing the developed strategies or similar strategies, the scientific park INTENOR could start to become a concrete example of sustainable development for its community. This could result in a distinctive characteristic when comparing with other educational institutions.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### **Trasfondo del problema**

En la década de 1970, surgió el concepto de sostenibilidad debido a la toma de conciencia sobre la crisis mundial ambiental y social a la cual los modelos de desarrollo actuales nos dirigen (Wheeler, 2004). Dentro de los síntomas de crisis ambiental y social se pueden mencionar: el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono, la deforestación, la pérdida de la biodiversidad, el aumento de pobreza, la mortalidad por hambre, el hacinamiento, entre otros. La economía actual promueve el uso intensivo de materiales y energía, lo cual ha venido provocando el desequilibrio mundial (Boada, 2007). Este desequilibrio está representado por las actividades de sólo el 20% de la población mundial que reside en los países industrializados, en las áreas de Europa, Norte América y Japón (Soto, 2007; Amin, 2009). Por ejemplo, Soto (2007) y otros autores establecen que aproximadamente el 20% de la población mundial consume más del 70% de los recursos naturales del planeta Tierra; es responsable de generar más del 50% de los contaminantes contribuyentes al efecto invernadero y emite el 90% de los gases causantes de la ruptura de la capa de ozono.

Soto (2007) demuestra que “aunque a nivel mundial Puerto Rico es considerado como una nación en vías de desarrollo, nuestra sociedad de consumo se asemeja más a los países del primer mundo” (2007, p. 5) o industrializados. Puerto Rico delinea patrones excesivos de consumo de recursos y generación de desperdicios. Por ejemplo, Puerto

Rico consume 2,600 megavatios de energía por año y genera diariamente 3.91 libras de desperdicios sólidos por persona. Estas cifras son mayores que la de uno de los países más industrializados del mundo, Estados Unidos, que consume 500 megavatios de energía por año y genera 3.15 libras por persona por día (Díaz, 2008; González, 2008; Soto, 2007). Estos datos demuestran que Puerto Rico pertenece al 20% de la población mundial que está trastocando el balance ambiental y reduciendo la capacidad que el planeta Tierra tiene para la prestación de los servicios ambientales que son la base de la vida y economía de los seres humanos (Soto, 2007 & Jiménez, 1996). Entre estos servicios se pueden mencionar los combustibles fósiles, la flora, la fauna, el aire, el agua, el sol, la capacidad de degradación y de convertir los desechos en recursos, entre otros (Jiménez, 1996). Soto establece que “en otras palabras estamos tronchando nuestro biocapital y con él, nuestra supervivencia como especie” (2007, p. 2).

Para concretizar cuán insostenible es el estilo de vida puertorriqueño, estudios han calculado la huella ecológica de Puerto Rico. Mathis Wackernagel y William Rees desarrollaron el concepto de la huella ecológica en el año 1996. La huella ecológica es una herramienta que forma parte de la planificación sostenible que permite concretizar el impacto de las actividades humanas sobre la capacidad de carga del planeta Tierra (Wheeler, 2004). Soto (2007), Amin (2009), Pickett, Cadenasso, Grove, Nilon, Pouyat, Zipperer y Costanza, (2001) definen este concepto como una métrica que cuantifica el impacto ambiental de un individuo o una comunidad, en términos de la cantidad de tierra y ecosistemas acuáticos necesarios para producir la cantidad de recursos que el individuo o la comunidad consume y para asimilar los desperdicios que generan los mismos. A nivel mundial, la huella ecológica actual excede en casi un 25% la capacidad del planeta

para regenerarse (Soto, 2007 & Amin, 2009). Al aplicar el concepto de la huella ecológica a Puerto Rico, se establece que nuestra isla puede sostener solo una población de 494, 444 habitantes. En teoría Puerto Rico necesitaría ocho Puerto Ricos para sostener nuestra población actual de casi 4 millones (3,927,776 habitantes; estimado en el año 2006 por el *U.S. Census Bureau*) (Soto, 2007). La huella ecológica de Puerto Rico demuestra que el estilo de vida de consumo excede la biocapacidad del archipiélago.

La sociedad puertorriqueña ha asimilado el paradigma de que consumo y poder de adquisición es sinónimo de calidad de vida (Soto, 2007). El desarrollo económico actual promueve el emular el estilo de vida de los países industrializados para adquirir el bienestar socio-económico (Amin, 2009 & Laar & Grimme, 2006). Sin embargo, el estudio económico titulado *Hacia la medición del Bienestar Económico Sostenible para Puerto Rico* de José Alameda e Ivonne Díaz (2007), demostró que el crecimiento económico no es cónsono con aumentos en el bienestar de los residentes de Puerto Rico. Alameda y Díaz, (2007) establecieron que desde principios de la década de 1980, el PIB per cápita (Producto Interno Bruto) crece a un ritmo de 1.9%, pero el IBES per cápita (Índice de Bienestar Económico) decrece a un ritmo de 1.7%. El PIB mide el desarrollo económico mientras que el IBES mide el bienestar económico de los residentes de Puerto Rico. En otras palabras, el desarrollo económico de Puerto Rico está aumentando, aunque menguadamente, mientras que el bienestar económico de sus residentes está disminuyendo. Estos datos demuestran que el crecimiento económico no necesariamente nos lleva a mayor bienestar. Robson (2009) establece que no es nueva la idea de que mayor bienestar económico no necesariamente es igual a bienestar o felicidad. Robson en su artículo menciona un estudio económico publicado en la *Revista de Desarrollo*

Económico (*Journal of Development Economics*) en el cual se analizaron varias encuestas realizadas entre países europeos y americanos y se obtuvo un resultado similar al de Alameda y Díaz: mientras el PIB aumentó, la felicidad disminuyó levemente. El decrecimiento en el IBES a medida que el PIB crece y el truncamiento de nuestro biocapital son indicadores de que el estilo de vida de Puerto Rico está ejerciendo un desarrollo insostenible y contribuyendo al desequilibrio mundial.

La demanda de recursos para sostener el estilo de vida de los países industrializados es uno de los factores principales que han ido aumentando la sobreexplotación (consumir un recurso más rápido de lo que el planeta Tierra es capaz de regenerarlo) y el desequilibrio ambiental-social (Soto, 2007; Amin, 2009; Laar & Grimme, 2006). Los edificios son uno de los marcos que definen el estilo de vida de una sociedad. Estos enmarcan la mayoría de las actividades humanas que se realizan y que tienen impacto en el medioambiente. Por ejemplo, el *U.S Green Building Council* (*USGBC*, por sus siglas en inglés) establece que los edificios en Estados Unidos emiten más del 39% de CO<sub>2</sub>, consumen el 12% del agua potable, el 70% de la electricidad y transforman la tierra que puede proveer recursos ecológicos. También, un proyecto típico de construcción de los Estados Unidos genera más de 2.5 libras de desperdicios sólidos por metro cuadrado de construcción (Holowka, 2008). Laar y Grimme, (2006), así como, Baño y Vigil, (2005) mencionan que los sectores de la construcción, la arquitectura y el urbanismo impactan significativamente la sostenibilidad de las sociedades, contribuyendo al deterioro ambiental en sus distintas fases (extracción y fabricación de materiales, diseño, construcción, operación y mantenimiento del edificio). Por lo que, actualmente se han desarrollado tendencias en la construcción, diseño y operación de edificios que

promueven el desarrollo sostenible de la sociedad. Dentro de estas tendencias se pueden mencionar el diseño verde, arquitectura ecológica, arquitectura bioclimática, construcción sostenible, entre otros. Las cuales identifican cómo los edificios pueden disminuir el impacto adverso de las actividades humanas (estilo de vida) sobre el ambiente. Estas tendencias establecen criterios de diseño que promueven la eficiencia en el uso de energía, agua, materiales, recursos, manejo de desperdicios, entre otros.

Muchos países están incorporando estas tendencias de diseño y arquitectura verde (sostenible) en los edificios dedicados a la educación: escuelas, universidades, parques científicos, entre otros. La razón es que los edificios educativos representan uno de los lugares ideales para generar ideas innovadoras y son ideales para modelar e impulsar cambios a la sociedad. Browning (2003) expresa en su artículo *Estrategias Exitosas para la Planificación de un Edificio Verde*, que la manera en que diseñamos nuestros edificios envía mensajes sutiles pero de gran alcance sobre nuestra visión mundial. Es duro estar a favor de la eficiencia en el uso de los recursos habitando un edificio extravagante y derrochador (Browning, 2003). En Europa y en otros países como Argentina, Honduras, Estados Unidos, Canadá, entre otros, apoyan el punto de vista que establece que la construcción de una sociedad debe tener como una de sus bases, el conocimiento de las universidades (León, 2005). Los edificios educativos tienen la capacidad de generar soluciones mientras desarrollan las destrezas y el pensamiento crítico de los estudiantes. Los edificios educativos como tal se convierten en laboratorios vivos de innovación, aprendizaje y sostenibilidad (Holowka, 2008). Así, un país como Puerto Rico, el cual cuenta con aproximadamente 1,523 escuelas públicas, 58 recintos universitarios, un parque tecnológico y un parque científico en vías de desarrollo, tiene la oportunidad



única de hacer un cambio dramático en el ambiente y en las mentes de los futuros profesionales y líderes del país.

Debido a que los edificios educativos figuran como una base de la creación y transformación de la sociedad, estos representan un buen punto de partida para que un país comience a incorporar patrones sostenibles en el diseño y operación de los mismos. Actualmente, en Puerto Rico se está desarrollando un complejo de edificios educativos tipo parque científico en el área Norte-Central de la isla llamado Parque Científico INTENOR (Iniciativa Tecnológica del Norte). Esto representa una oportunidad ideal para comenzar a aplicar el desarrollo sostenible en la isla y comenzar a crear un modelo de cambio social.

La Iniciativa Tecnológica del Norte (INTENOR) es una corporación doméstica sin fines de lucro registrada en el año 2005 con el fin de promover actividades de desarrollo socioeconómico, industrial, tecnológico y académico en la Región Norte Central de Puerto Rico. Esta alianza multisectorial está compuesta por 15 municipios contiguos de la región: Manatí, Barceloneta, Arecibo, Ciales, Toa Alta, Utuado, Florida, Vega Alta, Corozal, Dorado, Toa Baja, Morovis, Hatillo, Vega Baja, y Camuy (INTENOR, 2009 & Departamento de Estado, 2007) (Figura 1). La propuesta de proyectos medulares de INTENOR comprende cinco (5) componentes principales: (1) Parque Científico INTENOR, (2) Comisión de Planificación y Ordenamiento INTENOR, (3) Sistema de Transportación Colectiva del Norte, (4) Proyectos de Producción de Energía Alterna, (5) Destino Turístico / Distrito Cultural. El Parque Científico INTENOR comprende un predio de aproximadamente 50 cuerdas industriales y está localizado en las antiguas instalaciones de la manufacturera RCA en Barceloneta. El parque conllevará la

remodelación de 50,000 pies cuadrados de edificios existentes en aproximadamente 1.18 cuerdas de terreno y la construcción de facilidades nuevas sobre un terreno de 41 cuerdas de extensión. INTENOR es un modelo multi-sectorial que agrupa los esfuerzos combinados gubernamentales, comerciales, industriales y para promover el desarrollo socio-económico y el crecimiento sostenido del Corredor Industrial del Norte de Puerto Rico (INTENOR, 2009 & Departamento de Estado, 2007).

En el año 2006, INTENOR comenzó tres proyectos para el desarrollo del parque: (1) el Centro de Desarrollo Humano con sus dos componentes: el Centro de Excelencia de Tecnología Avanzada (CETA) y el Recinto Regional de la Universidad del Este (UNE), (2) el Centro de Desarrollo Empresarial – Incubadora de Negocios y (3) el Centro de Innovación y Desarrollo Regional conocido por sus siglas en inglés como *CREDIS* (*Center for Research and Development and Industrial Support*), patrocinado por el proyecto *Eco-enterprise Partnerships for Innovation*, enfocado en fomentar la innovación en proyectos ambientales dirigidos a las necesidades industriales. Estos tres proyectos representan los componentes medulares que completan a INTENOR como parque científico y como cimiento para una estrategia de desarrollo económico sostenible (INTENOR, 2009).

El proyecto *Eco-enterprise Partnerships for Innovation*, fue aprobado por la Fundación Nacional de Ciencia para ser establecido en INTENOR. Este es uno de los proyectos principales que representan la oportunidad de convertir el parque en un modelo sostenible para la sociedad. Este proyecto busca el incubar y acelerar la creación de negocios basados en las necesidades de la industria, pero que a su vez, desarrollen soluciones a los problemas ambientales, tales como, disposición de los desperdicios

sólidos, operaciones energéticamente eficientes, reciclaje, eco-eficiencia en los sistemas de manufactura y producción, entre otros. Así, INTENOR, además de ser una iniciativa de descentralización gubernamental fundamentada en el desarrollo de las ciencias y la investigación, y en el desarrollo de las empresas, es una forma nueva de hacer negocios, en la que los municipios, las entidades educativas y la empresa privada trabajan integralmente para comercializar tecnologías innovadoras, crear nuevas empresas y estimular la actividad comercial. INTENOR, responde a las tendencias actuales de la llamada economía del conocimiento y aportará al crecimiento económico sostenible, cónsono con las capacidades ecológicas de su región (F.Candelaria, presidente ejecutivo de INTENOR, com. pers., 5 de febrero de 2009).

Por lo tanto, se debe emular a estos países aprovechando la oportunidad de formación de un parque científico en el país para desarrollar una institución que vaya acorde con las nuevas tendencias globales de desarrollo de estructuras y guías de manejo sostenible, “verde”.

### **Problema de estudio**

La sociedad de Puerto Rico no ha podido establecer un equilibrio entre su estilo de vida y la capacidad que el medio ambiente tiene para asumirlo, en términos de suplir la demanda de recursos y degradar los desperdicios generados. Este desequilibrio se puede observar en la cogestión vehicular que se vive en Puerto Rico diariamente, en el cierre de vertederos municipales sin tener alternativas para el manejo de los desperdicios sólidos, en el impacto a la economía local por la necesidad de invertir un alto capital para

la importación de petróleo a la isla, etc. Estos problemas socioeconómicos-ambientales nos demuestran que Puerto Rico no ha encontrado una forma efectiva y práctica de cómo desarrollarse sosteniblemente.

Los siguientes factores han atrasado el alcance de la sostenibilidad en Puerto Rico: leyes no aplicadas, falta de modelos que demuestren la efectividad de la aplicación del desarrollo sostenible, existencia de paradigmas de que consumo es igual a calidad de vida y de que la tecnología que apoya las estrategias de desarrollo sostenible es costosa, falta de promoción y educación en cuanto al tema de la sostenibilidad, entre otros. Durante las últimas cuatro décadas, el gobierno de Puerto Rico ha tratado de balancear las actividades humanas con la naturaleza mediante la aprobación de leyes: Ley Sobre Política Pública Ambiental del 22 de septiembre de 2004 (Ley Número 416, según enmendada), Ley Sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible del 10 de septiembre de 2004 (Ley Número 267), entre otras. Sin embargo, todavía observamos decisiones gubernamentales contrarias al alcance del desarrollo sostenible. Por ejemplo, la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico diversificó las fuentes de energía de la isla añadiendo a la red la generación de 540 megavatios provenientes de la planta EcoEléctrica de gas natural en Guayanilla y 454 megavatios de la planta de carbón Sistemas de Energía Aplicada conocida por sus siglas en inglés como AES (*Applied Energy System*) en Guayama (McPhaul, 2004). Esta diversificación disminuyó la dependencia del petróleo (aceite) para la generación de energía; pero la diversificación se basó en fuentes de energía no renovables que continúan contribuyendo al desequilibrio ambiental. No se incorporó ninguna fuente de energía renovable, tales como, el sol o el viento. Estos eventos envían a la sociedad un mensaje dual y contradictorio, ya que, por

un lado se legisla para establecer una política pública de desarrollo sostenible y por otro lado, muchas veces no se incorpora las estrategias de sostenibilidad en los proyectos de desarrollo de la isla.

Para que la sociedad cambie su estilo de vida, se necesita mucha educación y modelos a seguir. Actualmente, Puerto Rico cuenta con ejemplos aislados en los que se modela un desarrollo sostenible para la isla. Entre estos se puede mencionar: la Escuela Ecológica de Culebra, la Casa Sostenible del arquitecto Abruña, programas municipales de reciclaje (Carolina, Dorado, Humacao, Caguas), entre otras. Sin embargo, estas iniciativas no se han popularizado de forma tal que la mayoría de la población puertorriqueña pueda palpar las ventajas y desventajas de vivir de manera equilibrada con el ambiente.

También, mencionamos como factor que atrasa el desarrollo sostenible de la isla, los paradigmas relacionados al costo de las tecnologías eco-sostenibles y de que consumo es sinónimo de calidad de vida. Existe la percepción de que la construcción verde o la incorporación de tecnologías eco-sostenibles a la construcción son mucho más costosas que las prácticas tradicionales. Por ejemplo, una encuesta realizada por la revista *Building Design + Construction* resultó en que el 41% de las firmas estadounidenses de arquitectura, ingeniería y construcción perciben que la construcción verde cuesta al menos 11% más que la construcción tradicional (Qualk & McCown, 2009). Sin embargo, Qualk and McCown, (2009) presentan que el primer análisis de costo que el estado de California llevo a cabo sobre la construcción verde concluyó que el costo adicional inicial que se invierte para lograr un diseño verde es igual a un porcentaje de 2, pero este costo adicional inicial resulta en un ahorro promedio igual a un porcentaje de 20 en el total de

los costos de construcción a lo largo del ciclo de vida, mas de 10 veces la inversión inicial. Estos paradigmas podrían cambiar si el gobierno fomentase subsidios temporales para el uso de tecnologías sostenibles (O'Neill, Coluchi & Irrizary, 2007) o mediante la implementación de las tecnologías en edificios y residencias para que la sociedad experimente el uso de las mismas.

Por lo que, el desarrollar estrategias para el desarrollo y operación sostenible de un parque científico como INTENOR, contribuye a la promoción de un ejemplo concreto en el cual la sociedad puertorriqueña pueda educarse y experimentar la funcionalidad de estrategias sostenibles en nuestras realidades sociales, culturales y climáticas. Para así, demostrar que el tratar de desarrollarse sosteniblemente no se trata de regresar a estilos de vida del pasado, sino a formas más efectivas del uso de los recursos.

### **Justificación**

La ley Sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible del 10 de septiembre de 2004 (Ley Número 267) establece que “debemos apoyar que nuestro desarrollo económico continúe, pero en forma sostenible, para asegurarnos de que el costo de ese desarrollo no sea la excesiva degradación y destrucción del ambiente y los recursos naturales o la injusticia social” (Cámara de Representantes de Puerto Rico, 2004a). Sin embargo, Puerto Rico continúa viviendo y desarrollándose de manera desequilibrada con la naturaleza. No se ha concienciado que la isla ya sobrepasó su capacidad de carga y se necesita frenar nuestro patrón de consumo excesivo de recursos y de generación de desperdicios.

O'Neill, Coluchi e Irrizary expresan que “esta ley es letra muerta si las estrategias de desarrollo económico de Puerto Rico no las obedecen” (2007, p.10). No sólo legislar soluciona los problemas de un país. Es necesario buscar formas diferentes para promover la incorporación de estrategias sostenibles en nuestra sociedad. Acorde con esta necesidad, este trabajo de tesis pretende presentar a la sociedad puertorriqueña modelos de gestión sostenible enfocados a actividades de construcción y operación de edificios aplicados al parque científico INTENOR.

Se escogió desarrollar estas guías de sostenibilidad para actividades de construcción y operación de edificios, ya que, el diseño de edificios tiene implicaciones enormes en la planificación sostenible (Wheeler, 2004). Esto debido a que los edificios representan un impacto ambiental significativo por la forma en que se construyen y por las actividades humanas que en ellos se realizan. Además, el enfoque del problema de estudio se dirige al parque científico INTENOR, debido a que se debe aprovechar la oportunidad de formación de un parque científico en el país para desarrollar una institución que vaya acorde con las nuevas tendencias globales de desarrollo sostenible, ya que los parques científicos son cuna de innovación y educación. La Universidad Metropolitana (UMET) es una de las instituciones involucradas con el desarrollo del parque científico INTENOR, por lo que, representa una buena oportunidad para la universidad de modelar la sociedad, probar la funcionalidad de nuevas ideas y transferir a la sociedad el conocimiento adjunto a través del parque.

INTENOR es una institución viva dentro de la sociedad puertorriqueña con la misión de educar y ayudar a concretizar nuevas ideas científicas y de negocios. Uno de los proyectos principales del parque, *Eco-enterprise Partnerships for Innovation*,

trabajar la incubación de negocios basados en la búsqueda de soluciones a problemas ambientales actuales. Por lo que, el parque proporcionará oportunidades para trabajar el desarrollo económico del país basado en solucionar la problemática ambiental del mismo. Además, el convertir el parque en una institución “verde”, donde las estructuras y las actividades que en ellas se realicen respondan a maneras sostenibles de desarrollo humano, hará que el parque funcione como un laboratorio vivo de innovación, aprendizaje y sostenibilidad. Así, al implementar la sostenibilidad ambiental en el funcionamiento del parque, se fomenta en la comunidad usuaria del mismo el sentido de responsabilidad y necesidad de cambio para alcanzar el desarrollo sostenible.

También, la guía propuesta para la sostenibilidad ambiental del parque científico INTENOR, establecerá modelos de cambio en cuanto a tres de los sectores que la Ley sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible toma en consideración. Estos tres aspectos son (1) el uso del recurso agua, (2) el manejo de los desperdicios sólidos y de forma enfática, (3) la producción de energía. De acuerdo a O’Neill, Coluchi e Irizarry, (2007) en la última década se ha llegado al consenso de que la energía, la generación y el manejo de los desperdicios sólidos y los suministros de agua potable son renglones que habrán de causar inestabilidad y caos de grandes proporciones en todo el mundo si no se atienden con apuro, debido a que estos aspectos ambientales están directamente relacionados con la salud y el deterioro ambiental.

El énfasis en el tema energético conlleva razones a nivel mundial y a nivel local. A nivel mundial, es urgente garantizar la seguridad energética a las generaciones presentes y futuras, implantar cambios y estrategias para controlar la contaminación generada por el uso de combustibles fósiles (no-renovables) y para reducir las emisiones



de gases de invernadero para tratar el cambio climático (calentamiento global) y no incrementar sus consecuencias. A nivel local, el énfasis en el recurso energía se debe a que Puerto Rico tiene una dependencia casi exclusiva en los combustibles fósiles importados. Más del 98% de la energía eléctrica que se genera en Puerto Rico requiere la quema de un combustible derivado del petróleo (Cerame, 2001). El 71.3 % se genera del petróleo, 14.3 % del carbón, 13.8 % del gas natural y 0.6 % de hidroeléctrica (Miranda, 2008). Esta dependencia afecta nuestra economía y casi la totalidad de nuestra sociedad. Nuestro futuro socio-económico está afectado por los aumentos en precios y la disponibilidad de estos combustibles en el mercado local e internacional. O'Neill, Colucci & Irizarry expresan que

“ninguna iniciativa de desarrollo económico será viable en Puerto Rico si no se atiende el reto energético con premura. Con cada año que pasa la situación económica del país se afecta cada vez más por la dependencia del petróleo. Mientras más esperemos, mayores serán los costos económicos, sociales y ambientales de la transición hacia otros recursos y prácticas que sean sostenibles energéticamente” (2007, p.10 - 11).

También, a nivel local es urgente buscar formas alternas para el manejo de desperdicios sólidos. Para el año 1994, la Administración Federal de Protección Ambiental (*EPA*, por sus siglas en inglés) cerró 32 sistemas sanitarios en la isla por no cumplir la nueva reglamentación federal (Senado de Puerto Rico, 2009). Así comenzó la ola de cierres de sistemas sanitarios, dejando actualmente sólo 32 sistemas en operación desde el año 2006 y proyectando que para el año 2015 sólo queden aproximadamente 11 sistemas sanitarios en operación (34% de los sistemas en operación actualmente) (González, 2008). Esto significa que a medida que pase el tiempo el espacio para la

disposición de los desperdicios escaseará de manera alarmante. Por lo que, es necesario empezar a incorporar tecnologías y programas que nos permitan reducir lo más posible la disposición de desperdicios en sistemas sanitarios. Para así, poder alargar el tiempo de uso de los pocos sistemas sanitarios que permanecerán en operación y reducir la necesidad de tener que utilizar nuevos terrenos para la construcción de sistemas sanitarios adicionales.

Por lo tanto, el desarrollar guías para la sostenibilidad del parque INTENOR es una forma diferente de difundir la incorporación de modelos de gestión sostenible en el desarrollo socioeconómico y ambiental de Puerto Rico. La guía proveerá un modelo que demuestre las oportunidades de aplicación del desarrollo sostenible. También, proveerá educación en cuanto al tema de la sostenibilidad. En fin, trabajará con algunos de los factores que han afectado el desarrollo sostenible y la resolución de la problemática socio-ambiental del país.

Además, una de las aportaciones de esta guía es la aplicación del método costo beneficio y el método de huella ecológica a la operación del parque científico INTENOR. La aplicación de estos métodos nos permite concretizar en términos cuantitativos los costos y beneficios económicos y ambientales que conlleva el aplicar estrategias de sostenibilidad al proceso de desarrollo de una entidad. De esta manera se simplifica la visualización de las ventajas y desventajas en la implementación de estrategias sostenibles. También, este método facilita la comparación entre las estrategias y las opciones tradicionales para aportar a la toma de decisiones en cuanto al desarrollo sostenible del parque.

Al implantar esta guía, INTENOR formará parte del esfuerzo global para alcanzar la sostenibilidad para disminuir la huella ecológica y dejar un planeta saludable y funcional como legado a las generaciones futuras. El desarrollo de un parque científico eco-eficiente será un factor que le ofrecerá un alto grado de visibilidad y de competitividad a la institución y a todas las entidades que forman parte de su desarrollo.

## **Metas y Objetivos**

### **Meta**

Desarrollar una guía de prácticas simples y costo-efectivas para contribuir al alcance de la sostenibilidad ambiental del parque científico INTENOR en Barceloneta, Puerto Rico.

### **Objetivos**

1. Estimar el consumo actual de energía y agua y la generación actual de desperdicios sólidos del parque científico INTENOR para determinar el impacto ambiental que se genera al operar el mismo.
2. Desarrollar estrategias simples y costo-efectivas para reducir el impacto ambiental del parque científico INTENOR y así establecer una guía modelo para contribuir al desarrollo sostenible del parque.
3. Determinar cómo las estrategias desarrolladas podrían reducir el impacto ambiental del parque científico INTENOR.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **Trasfondo histórico**

Desde las civilizaciones tempranas se ha observado un cambio en el ambiente natural preexistente causado por el desarrollo de cada civilización. Las culturas indígenas despejaron bosques, manejaron paisajes causando fuegos, domesticaron y transplantaron especies, extinguieron especies, entre otras cosas. Escritores como Aristóteles presentaron términos tales como “segunda naturaleza” para referirse a elementos del mundo natural que habían sido influenciados por la interacción con los seres humanos. En cierto modo las discusiones actuales del impacto ambiental son la versión moderna de preocupaciones históricas por cómo mantener las sociedades humanas dentro del contexto de los ecosistemas naturales (Wheeler, 2004).

Sin embargo, aunque muchas civilizaciones tempranas llegaron al tope de los límites ecológicos, la venida de la Revolución industrial a finales del Siglo XVIII y Siglo XIX hizo los impactos de las acciones humanas mucho más dramáticos. El cielo en partes de Gran Bretaña, de Europa continental, y de Norteamérica fueron ennegrecidos con humo de carbón (Wheeler, 2004).

La preocupación pública por la relación entre el desarrollo industrial, la extensión urbana, y el ambiente creció constantemente después de la Segunda Guerra Mundial. La producción de la guerra estimuló una extensión enorme de las industrias petroquímicas

que en la post-guerra crearon la nueva contaminación, los materiales tóxicos, y los problemas de uso de recursos (Wheeler, 2004).

Contemporáneo a la Segunda Guerra Mundial, el patrón de desarrollo económico de Puerto Rico comenzó a cambiar de ser un patrón de desarrollo agrícola a ser un patrón de desarrollo industrial. Este cambio comenzó con la formación de la Compañía de Desarrollo Puertorriqueño, la cual se reorganizó en el año 1950 para ser lo que actualmente se conoce como Fomento (Administración de Desarrollo Económico). Fomento estableció un programa de desarrollo económico promoviendo la implementación de empresas privadas en la isla. El programa de Fomento creció rápidamente resultando en un progreso económico rápido el cual trajo consigo problemas sociales y costos ambientales. Con la expansión urbana y la industrialización vino a la isla el crimen, drogadicción, enfermedades mentales, la sobrepoblación y la contaminación. Algunos de estos problemas eran totalmente nuevos para los puertorriqueños y otros estaban latentes en la vieja cultura pero no eran detectados (Bruyn, 1976).

Junto con la industrialización, los problemas ambientales se convirtieron en una preocupación apremiante. De acuerdo a Bruyn (1976), Puerto Rico se convirtió en uno de los países con mayor densidad poblacional en el mundo. Las descargas industriales contaminaron significativamente el agua de los ríos y las costas de Puerto Rico. El consumo de energía aumentó debido a la sustitución de la manufactura artesanal por la mecanización. Además, la producción de energía cambió de ser hidroeléctrica (fuente: agua) a ser termoeléctrica (fuente: petróleo). En respuesta a la problemática ambiental de la isla, en el año 1970, el Estado Libre Asociado de Puerto Rico comenzó a responder a la

problemática ambiental aprobando la "Ley Sobre Política Pública Ambiental". Esta ley sirvió para declarar como política pública ambiental de Puerto Rico la utilización de "todos los medios y medidas prácticas con el propósito de alentar y promover el bienestar general, para crear y mantener las condiciones bajo las cuales los seres humanos y la naturaleza puedan existir en armonía productiva y cumplir con las necesidades sociales y económicas y cualesquiera otras que puedan surgir con las presentes y futuras generaciones de puertorriqueños" (DRNA, 2004).

Lowe (2008) describe que para la década de 1970, se comenzó una nueva perspectiva de desarrollo global. La nueva perspectiva de desarrollo global se publicó en dos libros: (1) *Limits of Growth* (1972) de Meadows y otros investigadores de MIT y (2) *Blueprint for Survival* (1972) de Edward Goldsmith. El primer libro modeló los efectos de las tendencias de crecimiento poblacional, consumo de recursos, producción industrial y agrícola y generación de desperdicios y proyectó que si se continuaba con esas tendencias, la humanidad iba a alcanzar el límite dentro de 100 años. Además, Wheeler (2004) establece que éste libro describió que era posible alterar los efectos de ese crecimiento si se establecía una condición de estabilidad ecológica y ambiental que fuera sostenible para el futuro. También, Wheeler (2004) menciona que el segundo libro estableció que el peor defecto de vivir de manera industrializada es que no es sostenible y que se necesitaba un cambio radical para dejar de interrumpir los ecosistemas y agotar los recursos, que son los fundamentos para la supervivencia.

Para el mismo año 1972, las Naciones Unidas celebraron la Conferencia de Estocolmo, la cual por primera vez reunió a oficiales públicos y organizaciones no gubernamentales (ONGs) de todas partes del mundo y les brindó un foro para desarrollar

ideas y estrategias. Durante el vigésimo aniversario de la Conferencia de Estocolmo, se llevo a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), también conocida como la 'Cumbre para la Tierra', tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992 y fue presidida por la entonces Primer Ministro de Noruega, Hon. Gro Harlem Brundtland. El reporte que surgió de esta conferencia, *United Nation's Brundtland Comission*, acuñó el concepto de “desarrollo sostenible” y lo definió como “El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Este concepto fue diseñado para satisfacer los requisitos de los partidarios del desarrollo económico así como los requisitos de los que están interesados principalmente en la conservación medio ambiental” (Lowe, 2008).

La Cumbre de la Tierra de 1992 trajo nuevamente el concepto de Desarrollo Sostenible en frente a un mundo dormido. De esta cumbre surgió la Agenda 21, una guía con recomendaciones y estrategias a todos los países para alcanzar el desarrollo sostenible (Mehta, 2009). Otro resultado de esta cumbre aplicable a Puerto Rico fue la celebración de la Conferencia Global sobre el Desarrollo Sostenible de los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo en 1994. Esta conferencia sirvió para el establecimiento de políticas y acciones específicas a ser ejecutadas a nivel nacional, regional e internacional para cumplir con la Agenda 21 en países isleños. Esta fue la primera conferencia que convirtió la Agenda 21 en un programa de acción para un grupo de países (Cámara de Representantes de Puerto Rico, 2004a).

Luego, surgió un reporte de las Naciones Unidas acerca del estatus global del ambiente, el *GEO2000*, el cual notó que el curso presente continúa siendo insostenible,

por lo que, continuar haciendo nada no es una opción (Lowe, 2008). Dos años después, las Naciones Unidas celebró la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2002). Mediante esta cumbre se reconoció que la erradicación de la pobreza, el cambio en los patrones de producción y consumo y de protección y manejo de los recursos naturales son la base del desarrollo económico y social que arquean los objetivos y los requisitos esenciales para el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2002b). De acuerdo a Lowe (2008) existe evidencia amplia de que el crecimiento no es la solución. La insostenibilidad global continuará al menos que los países no adopten una forma diferente de desarrollo que en vez de estar orientado a la avaricia humana, este orientado a las verdaderas necesidades humanas.

### **Marco conceptual o teórico**

#### Parque científico y tecnológico

La guía para la sostenibilidad propuesta por este trabajo plantea el desarrollo y aplicación de estrategias de eco-eficiencia y sostenibilidad en el Parque Científico INTENOR como proyecto demostrativo y modelo a seguir para cualquier tipo de desarrollo en Puerto Rico. Por lo que, es necesario definir el concepto de parque científico y tecnológico. La APTE (Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España) establece la siguiente definición:



Un parque se trata de un proyecto, generalmente asociado a un espacio físico, que:

1. Mantiene relaciones formales y operativas con las universidades, centros de investigación y otras instituciones de educación superior.
2. Está diseñado 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.
3. Posee un organismo estable de gestión que impulsa la transferencia de tecnología y fomenta la innovación entre las empresas y organizaciones usuarias del Parque. (APTE, 2006)

También, la Asociación Internacional de Parques Científicos y Tecnológicos (IASP) define un parque científico y tecnológico como una organización trabajada por profesionales especializados, que estimula y gestiona el intercambio de conocimiento y tecnología entre universidades, instituciones de investigación y empresas para impulsar la innovación y la competitividad de las empresas e instituciones instaladas o asociadas al parque para lograr el objetivo fundamental de incrementar la riqueza de una comunidad (APTE, 2006).

Además, APTE (2003) afirma que los parques científicos y/o tecnológicos son una aportación clave en la diversificación sectorial de la industria de un país en pleno desarrollo o muchas veces en posición de liderazgo competitivo. “Los parques científicos y/o tecnológicos no son un fin en sí mismos, sino un instrumento más, potencialmente

muy efectivo, dentro de una política industrial y tecnológica, y al servicio de ésta” (APTE, 2003, p. 16). Por otro lado, el modelo de Parque Científico se configura como un lugar de encuentro entre universitarios y profesionales de empresa, como un espacio común en el que investigadores del sector público y el privado buscan intercambio de ideas y la cooperación universidad-empresa, facilitando la transferencia de tecnología desde las universidades al sector privado (APTE, 2003).

### Desarrollo sostenible

El otro concepto que se debe definir es el de desarrollo sostenible y sus vertientes, tales como, “consumo sustentable”, “eco-eficiencia”, “construcción sostenible”, entre otros. Existen diferentes definiciones del concepto “desarrollo sostenible” en base a perspectivas antropocéntricas, ecológicas y sociales. La definición más utilizada fue establecida en el año 1987 en el informe *Nuestro Futuro Común* de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED, por sus siglas en inglés): El desarrollo sostenible es “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Berke & Conroy, 2000; Naciones Unidas, 2002a).

Wheeler (2004) presenta entre otras definiciones las siguientes:

- “El desarrollo sostenible significa mejorando la calidad de vida humana mientras vivimos dentro de la capacidad de acarreamiento que soportan los ecosistemas (Unión Mundial de Conservación - 1991)” (2004, p. 24).
- “El desarrollo sostenible busca...responder a cinco requerimientos amplios: (1) integración de la conservación y el desarrollo, (2) satisfacción de las

necesidades humanas básicas, (3) alcance de la igualdad y la justicia social, (4) provisión de la auto-determinación social y la diversidad cultural y (5) mantenimiento de la integridad ecológica (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza – 1986)” (2004, p. 25).

- “El desarrollo sostenible es el desarrollo que mejora a largo plazo la salud humana y de los sistemas ecológicos” (2004, p. 24).

También, otros autores como Bell & Morse (2006) establecen una definición que trata de explorar las implicaciones de costo y cambios sociales que el desarrollo sostenible pueda tener: “Un desarrollo que es respetuoso con el ambiente, técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable para satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas (UNEP/MAP/Blue Plan, 2000, p4)” (2006, p. 72).

El concepto de desarrollo sostenible tiene como meta central la justicia e igualdad intergeneracional (Berke & Conroy, 2000; DRNA, 2007). También, desde el punto de vista holístico del concepto de desarrollo sostenible, el enfoque común es el de cómo alcanzar simultáneamente la meta de sostenibilidad en las áreas de ambiente, economía e igualdad, conocidas como las “Tres Es” del desarrollo sostenible por sus siglas en inglés (“*Three Es*”: *environment, economy, and equity*) o como el “*Triple-bottom-line*” (Wheeler, 2004; Sneirson, 2009; Qualk & McCown, 2009). Para así, diseñar un concepto que satisfaga los requisitos de los partidarios del desarrollo económico así como los requisitos de los que están interesados principalmente en la conservación medio ambiental” (Naciones Unidas, 2002a).

## Planificación sostenible

Precisamente, el nuevo desarrollo de toma de decisiones que reconcilien las necesidades de las tres perspectivas del desarrollo sostenible (*“Three Es”*, por sus siglas en inglés) es de lo que se trata la planificación sostenible. Planificación se refiere a un rango amplio de actividades diseñadas para asegurar que las metas deseadas se cumplan en el futuro. Estas metas podrían incluir protección ambiental, desarrollo urbano, actividades económicas particulares, justicia social y muchos otros ideales (Wheeler, 2004). Planificación es la práctica profesional que específicamente busca conectar el conocimiento con la acción en el dominio público (Campbell & Fainstein, 2003). Según Wheeler (2004), las raíces de la planificación como una profesión organizada se remonta al siglo XIX, cuando el crecimiento extremadamente rápido de las ciudades luego de la revolución industrial trajo una profusión de problemas urbanos tales como sanitarios inadecuados, abastecimiento de agua, transportación y vivienda. En el siglo XX, los planificadores lograron corregir algunos de estos problemas pero otros no. Durante el siglo XX, la planificación fue exitosa en organizar la sociedad para acomodar nuevas tecnologías tales como el automóvil, aunque sin la suficiente reflexión de los impactos a largo plazo. Como resultado ahora estamos enfrentando una serie de problemas distintos a los que existían en el siglo anterior. Por lo que, la necesidad actual es desarrollar un paradigma de la planificación del siglo XXI que trabaje mejor la problemática humana y ecológica a largo plazo. Muchos argumentan que la planificación sostenible representa la nueva agenda de la planificación.

El autor Wheeler (2004) explica que la planificación sostenible se caracteriza por que incluye los siguientes elementos: un enfoque a largo plazo en la toma de decisiones,

una perspectiva holística integrando varias disciplinas, intereses y planteamientos analíticos, un cuestionamiento de los modelos tradicionales de crecimiento y aceptando que existen límites al crecimiento, una nueva apreciación de la importancia del sitio y un involucramiento pro-activo en la remediación de las sociedades y ecosistemas. La primera característica de la planificación sostenible es un enfoque a largo plazo (Wheeler, 2004). Varios autores plantean que la planificación sostenible busca una sociedad que no solamente exista sino que prospere en el futuro. Este horizonte de tiempo está implícito en la palabra sostener. La perspectiva a largo plazo también significa ser capaz de ver cuáles cambios en el presente pueden aumentar y cómo estos se interrelacionan unos con otros para construir una sociedad más integrada y sostenible en el futuro. La segunda característica de la planificación sostenible es la perspectiva holística (Wheeler, 2004). Esta perspectiva ve la relación entre las cosas para incorporar un entendimiento ecológico del mundo. En la práctica esto significa dos cosas para la planificación: (1) integrar las diferentes especialidades de la planificación, tales como, vivienda, transportación, uso de terreno y calidad del ambiente con los objetivos de la planificación ambiente, economía e igualdad, conocidas como las “Tres Es”, por sus siglas en inglés; (2) integrar las diferentes escalas de la planificación para que los esfuerzos trabajados a la escala internacional, nacional, regional, local, comunitaria y de sitio se puedan reforzar mutuamente, es decir, las acciones llevadas a cabo en cada nivel se deben mirar en términos del impacto que estas tendrían en los otros niveles. El otro elemento de la planificación sostenible es el reconocimiento de los límites del crecimiento (Wheeler, 2004). Este elemento es verdaderamente revolucionario para la sociedad actual, la cual en gran parte esta basada en la creencia de que “progreso” es el crecimiento cuantitativo en

producción y consumo. Las posibilidades de aplicar este tema a la planificación son numerosas. Por ejemplo, a nivel de uso de terreno se busca prevenir el desparramamiento urbano y a nivel económico se busca priorizar actividades económicas que produzcan los bienes y servicios que las personas realmente necesitan, tales como, vivienda comprobante, educación, cuidado de salud, comida saludable, entre otros. La nueva apreciación del sitio se ha convertido en un elemento principal de la ciudad sostenible así como de otros movimientos recientes como el Nuevo Urbanismo (Wheeler, 2004). Este enfoque es particularmente necesario por que el desarrollo que se llevó a cabo durante el siglo pasado fue totalmente opuesto – creando comunidades homogéneas, globalizadas e intercambiables que no tienen ninguna conexión con los paisajes, ecosistemas, historia, cultura, o comunidad locales. Este proceso se benefició con la globalización económica y con la tecnología de comunicación (vehículo de motor, teléfono, televisión, Internet), permitiendo mantener lazos sociales sin importar la distancia. Esto ha creado que las comunidades sean cada vez menos habitables. Muchas de las comunidades están escasas de centros de vivienda, áreas recreacionales, tiendas locales y hasta aceras. El último elemento de la planificación sostenible es el involucramiento pro-activo para la remediación de las sociedades y ecosistemas (Wheeler, 2004). Esta perspectiva establece el rol y la necesidad de que los profesionales, políticos y ciudadanos participen activamente y constructivamente en la toma de decisiones y soluciones de problemas. Bajo esta perspectiva se establece que el planificador tiene que cumplir con todos sus roles de técnico experto, mediador, facilitador organizador y muchas veces defensor de los intereses no representados. Además, es importante que el planificador desarrolle la

habilidad de identificar y trabajar las oportunidades que puedan causar un cambio constructivo.

Para que la planificación sostenible se pueda aplicar efectivamente, esta se debe construir sobre las bases de las teorías pasadas de la planificación y situarse en relación a ellas (Wheeler, 2004). Dentro de las teorías pasadas de planificación, las principales son la planificación comprensiva racional, la planificación participativa y comunicativa y la planificación de defensa. De acuerdo a autores como Wheeler y Campbell & Fainstein, bajo el modelo comprensivo racional, los planificadores analizan las situaciones, definen las metas, identifican los obstáculos que previenen que estas se logren, desarrollan las alternativas para solucionar las situaciones, las comparan, deciden cual es la alternativa preferida, la implementan y después evalúan si fue exitosa. El enfoque de esta estrategia es un proceso lineal basada en el análisis cuantitativo sin tomar en cuenta los elementos cualitativos del ambiente urbano. En esta estrategia los expertos (planificadores) impulsaban el proceso de planificación, definiendo lo que para ellos debía ser el objetivo de la planificación sin dejar que la problemática pública (el pueblo) impulsara el proceso según sus necesidades. Es decir, que este modelo era un proceso unidireccional, en el que las acciones y decisiones venían de los expertos (planificadores) al pueblo sin consultar la opinión o necesidades públicas. Varias versiones del modelo comprensivo racional son los planes específicos para desarrollar política en un problema o área particular. Por ejemplo, un plan de conservación de un humedal.

Bajo el modelo participativo y comunicativo, se comenzó a incorporar el involucramiento público en los procesos de planificación. El aspecto comunicativo surge de la función que tiene el planificador en cuanto a reunirse con diferentes entidades, medios

de comunicación, compartir información y facilitar la comunicación. La perspectiva teórica de la planificación comunicativa enfatiza en la participación pública y el proceso continuo de comunicación entre los planificadores, los ciudadanos, los desarrolladores, los oficiales de gobierno y otros, como el mecanismo principal a través del cual las cosas se hacen y la gente aprende. La perspectiva teórica de la planificación participativa, si se hace bien, puede ayudar a desarrollar políticas que respondan a las necesidades públicas, en particular las necesidades de los ciudadanos que posiblemente no estén representados a nivel político, por ejemplo, comunidades de bajos recursos. La participación del pueblo puede mejorar las metas del proceso de planificación y las políticas y programas recomendados mediante este proceso. Es decir, que este modelo era un proceso bidireccional, en el que las acciones y decisiones se informan al pueblo y se toma en consideración la opinión o necesidades públicas. Todos estos factores hacen que la planificación participativa y comunicativa sea extremadamente atractiva para el proceso de desarrollo sostenible, especialmente mejorando la igualdad y respondiendo a las necesidades de las comunidades menos privilegiadas.

El modelo de planificación de defensa surge para compensar las décadas pasadas de no participación pública. Bajo este modelo, típicamente un planificador es contratado por las comunidades de bajos recursos para que este represente su punto de vista efectivamente. Los planificadores en estas posiciones de abogados pueden tener un rol sumamente útil envolviendo a los ciudadanos representados en los procesos de toma de decisiones, inyectando un rango amplio de puntos de vista a los debates y a largo plazo, cambiando la naturaleza de los debates de planificación urbana. El modelo de planificación de defensa esta relacionado con la movilización social.



A raíz de todas estas teorías y modelos, el nuevo planificador anima a la población afectada a tomar parte activa y así validar el conocimiento basado en la experiencia y promover el aprendizaje entre los expertos (planificadores) y la población afectada. El nuevo planificador reclama que el conocimiento es una combinación de la pericia y la experiencia, que última instancia son redimidas en el intercambio entre los participantes de la comunidad y los planificadores (Campbell & Fainstein, 2003). La planificación sostenible mantiene un enfoque holístico, en el que se aplican aspectos de todas las teorías y modelos de la planificación para lograr sus metas de la mejor manera posible (Wheeler, 2004).

#### Consumo sustentable

Otros conceptos que inciden en este trabajo de tesis son las vertientes del desarrollo sostenible. El consumo sustentable es una de las vertientes del concepto sostenibilidad y se define como:

El uso de productos y servicios que responden a necesidades básicas y conllevan una mejor calidad de vida y que además minimizan el uso de recursos naturales, materiales tóxicos, emisiones de desechos y contaminantes durante todo su ciclo de vida, y que no comprometen las necesidades de futuras generaciones (Boada, 2007, p. 57).

#### Eco-eficiencia

Alineado al concepto de consumo sustentable, podemos mencionar el concepto de eco-eficiencia, relacionado a la manufactura de los productos que la sociedad consume

para mantener su estilo de vida. De acuerdo al WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*), por sus siglas en inglés, la eco-eficiencia es una filosofía de gerencia que anima a los negocios buscar mejoras ambientales que rindan ventajas económicas paralelas. Esta filosofía se centra en oportunidades de negocio y permite que las compañías se hagan más responsables ambientalmente y más provechosas. Fomenta la innovación y por lo tanto, el crecimiento y la competitividad. El WBCSD resume su definición en la expresión: “crear más valor con menos impacto” (Lehni, 2000).

### Construcción sostenible

Como se menciona en la introducción de este trabajo de tesis, la guía que se desarrolló se enfoca en la construcción y operación de los edificios debido a que estos enmarcan el estilo de vida de una sociedad. Una de las vertientes del concepto sostenibilidad enfocada en los edificios es la “construcción sostenible”. De acuerdo a Baño & Vigil (2005) en la *Guía de la Construcción Sostenible*, los principios de la construcción sostenible son (1) construcción que se adapta y es respetuosa con su entorno, (2) construcción que ahorra recursos, (3) construcción que ahorra energía, (4) construcción que cuenta con los usuarios.

1. Construcción que se adapta y es respetuosa con su entorno – Para lograr esto hay que conocer el clima y respetar el ecosistema alrededor del lugar de la construcción.
2. Construcción que ahorra recursos – Esto se logra mediante el uso de materiales de bajo impacto ambiental y social a lo largo de todo el ciclo de vida de lo que se esta construyendo. Además, la forma

de colocar esos materiales en el edificio deben estar alineados con este criterio de ahorro.

3. Construcción que ahorra energía – Debido al principio de ahorro de energía, el término de construcción sostenible se ha entremezclado con la denominada arquitectura bioclimática. El principio de la arquitectura bioclimática es aplicar el conocimiento sobre el clima de una región al proceso de diseño de un espacio. Este concepto busca explotar las influencias positivas y eliminar las influencias negativas de los factores climáticos de un espacio para alcanzar mejores condiciones de la comodidad térmica de los ocupantes (Axarli & Teli, 2008).

“La construcción sostenible aboga por una actuación lógica en el ahorro de energía: “Ahorro + Eficiencia + Energía renovables” (Baño & Vigil, 2005, p. 14). Primero hay que minimizar las necesidades energéticas a través de las denominadas estrategias pasivas: diseño, orientación, uso de asilamientos, etc. Luego, hay que usar equipos que consuman menor cantidad de energía ofreciendo el mismo servicio (eficiencia energética). Y por último, hay que usar energías renovables para satisfacer parte de las necesidades que existirán.

Las energías renovables provienen de “fuentes alternas que funcionan a base de un combustible o alguna otra forma de energía que, o es naturalmente renovable, o es, para todos los efectos, de

disponibilidad ilimitada” (Cerame, 2001, p. 176). Por ejemplo, el agua utilizada en generatrices hidroeléctricas, el sol utilizado en celdas fotovoltaicas, el viento utilizado en molinos de viento. Para generar energía eléctrica con fuentes renovables no se tienen que quemar combustibles fósiles (no-renovables), tales como, petróleo, gas natural o carbón, evitando así emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente, entre otros impactos ambientales.

4. Construcción que cuenta con los usuarios – Los constructores tienen que modificar su visión en cuanto a que los edificios además de construirse para hacer dinero, se construyen para ser habitados por personas. Se debe visualizar el usuario durante todo el ciclo de vida del edificio.

Baño & Vigil (2005) establecen que:

Todos esos conceptos nos hablan de una manera nueva de entender la construcción. El entorno, el clima, los materiales, los sistemas constructivos, el usuario, lo social..., se nos presentan como ejes conductores de lo que debe ser la llamada construcción sostenible (Baño & Vigil, 2005, p. 14).

#### Edificios verdes (Certificación *LEED*)

Alineado con el concepto de construcción sostenible, desde finales de la década de 1970 muchos niveles de gobierno de los Estados Unidos han adoptado requerimientos de eficiencia en el uso de energía y del agua para las construcciones de edificios nuevos. Por ejemplo, el estado de California fue el primero en adoptar su Título 24 de Estándares

de Eficiencia Energética para los Edificios Residenciales y No Residenciales en el 1978. Los residentes de este estado llegaron a ahorrar aproximadamente 20 billones de dólares en los costos de energía eléctrica y gas natural. Desde principios de los años 1990 varias ciudades de los Estados Unidos comenzaron a establecer programas de edificios verdes comprendiendo otros aspectos de impacto ambiental y social adicionales al uso de energía y agua, como lo son la eficiencia en el uso de materiales, seguridad, salud, entre otros. Para finales de la década del 1990, el *U.S Green Building Council (USGBC)*, por sus siglas en inglés) estableció el sistema LEED a nivel nacional (Wheeler, 2004). El primer programa piloto LEED, conocido como LEED versión 1.0, se lanzó en el año 1998. LEED es un sistema de calificación de edificios verdes voluntario, basado en tecnología existente y probada que evalúa el funcionamiento ambiental desde la perspectiva del edificio entero sobre el ciclo de vida del edificio, proveyendo un estándar definitivo de qué constituye ser un edificio verde en diseño, construcción y operación. Hay un sistema LEED diseñado para calificar edificios nuevos, existentes, comerciales, institucionales o residenciales. Cada sistema está organizado bajo cinco categorías ambientales: sitio sostenible, eficiencia de agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental interior e innovación en diseño u operación. Esta última categoría se dirige a la pericia en edificios sostenibles e incluye medidas que no están cubiertas bajo las otras cinco categorías. También, hay un bono en cuanto a las categorías: Prioridad Regional, esta categoría busca determinar las prácticas de diseño y construcción que sean más beneficiosas para las condiciones locales. Cada crédito tiene cierta cantidad de puntos y la adjudicación de esos puntos está basada en el impacto potencial al ambiente y en los beneficios humanos de cada crédito. Los impactos se

definen como el efecto ambiental o humano que el diseño, construcción, operación o mantenimiento del edificio pueda tener. Por lo que, para que un edificio se considere verde y certificado como LEED debe cumplir con cierto número de puntos. Existen 4 niveles progresivos de certificación LEED: Certificado (40 – 49 puntos totales), Plata (50 – 59 puntos totales), Oro (60 – 79 puntos totales) y Platino (80 puntos totales o más). De acuerdo con la puntuación total obtenida es el nivel de certificación que el edificio obtiene (USGBC, 2009).

### **Estudio de casos**

Actualmente la cantidad de instituciones educativas que tienen implementado programas de gestión ambiental y prácticas de edificios verdes está en aumento. Mediante esta investigación se estudiaron muchos casos de universidades y parques científicos que han incorporado a su operación prácticas creativas de manejo para fomentar en el estudiantado y el resto de las personas espectadoras una conciencia ambiental y sostenible. Dentro de las instituciones educativas escogimos 6 casos en los que cada entidad implementó prácticas sostenibles a un nivel holístico en el cual se trata reducir el impacto ambiental en varios de los sectores de actividades humanas: consumo de energía, consumo de agua, movilidad, uso de materiales y generación residuos.

Uno de los primeros casos estudiados mediante la realización de este trabajo es el *Parc Científic* de Barcelona. Este parque es un instrumento del sistema ciencia-tecnología-empresa que concentra grupos de investigación pública y privada en un espacio equipado con los más potentes servicios de apoyo a la investigación, así como el

parque bajo estudio INTENOR. El *Parc Científic* de Barcelona es un parque científico urbano, constituido como fundación en 1997 a iniciativa de la *Universitat de Barcelona*, la Fundación Bosh i Gimpera i la Caixa de Catalunya. Los objetivos del *Parc Científic* de Barcelona se concentran en la creación de un marco adecuado para la sinergia entre grupos de investigación pública y unidades de I + D + I empresariales con la finalidad de favorecer la innovación tecnológica, mediante la investigación básica y aplicada. Al igual que INTENOR, el *Parc Científic* de Barcelona ha construido unos edificios modulares y ha rehabilitado una serie de edificios previamente existentes en el espacio disponible (APTE, 2003).

Actualmente, el *Parc Científic* de Barcelona ha establecido estrategias a favor de promover y modelar el uso eficiente de los recursos agua y energía y el manejo adecuado de los desperdicios. Algunas de las estrategias implementadas a nivel de facilidades son el crear una red de producción y distribución de aguas tratadas que ofrece dos servicios de desionizada para una toma en cada laboratorio, y un sistema de agua filtrada y tratada con polifosfatos para alimentar circuitos cerrados de climatización. También, se han primado las actuaciones al aislamiento térmico del edificio, la recuperación del calor resultante de la producción de frío, las recuperaciones entálpicas a las ventilaciones y el enfriamiento con aire exterior. Los conceptos medioambientales son importantes en el modelo del Parque. En este sentido se difunde entre los usuarios unos consejos para el ahorro de recursos naturales y energía. También, el tratamiento de residuos tiene gran importancia en los servicios ofrecidos. Se siguen criterios de valorización de materiales y de disposición controlada para evitar la dispersión de materiales peligrosos y contaminación y existe un procedimiento para la ejecución de la recogida de residuos de

laboratorio. Por otra parte los clientes pueden obtener asesoramiento del Parque en materia de instalaciones, reformas, distribución y diseño de espacios (APTE, 2003).

Otro de los estudios de caso es el Parque Tecnológico de San Sebastián. La Sociedad Parque Tecnológico de San Sebastián S.A. se creó en el año 1994 y se inauguró en el año 1997. El principal objeto del Parque es contribuir al desarrollo socio-económico y de esta manera aumentar la calidad de vida de las personas que viven en su entorno. (Parque Tecnológico de San Sebastián, 2006). El objetivo de este parque va acorde con la Agenda 21 en la búsqueda de “la mejora de la calidad de los asentamientos humanos.”

La estrategia del Parque Tecnológico de San Sebastián se basa en acercar los agentes económicos que inciden en la generación de proyectos avanzados desde el punto de vista tecnológico, como lo son las universidades, los centros tecnológicos y las empresas de contenido tecnológico, proporcionándoles una localización y unas infraestructuras adecuadas, de tal manera que se genere el intercambio de conocimiento y, así, puedan surgir nuevos proyectos empresariales creadores de empleo y riqueza para el territorio. Al igual que INTENOR, el Parque Tecnológico de San Sebastián presenta un compromiso en contribuir con el alcance del desarrollo sostenible global. Esto se demuestra en el alcance ambiental que ha tenido una de las empresas pertenecientes al Parque Tecnológico de San Sebastián, IBERDROLA. Esta empresa ha recibido los siguientes logros en el ámbito de la sostenibilidad a nivel mundial: “IBERDROLA entre las 100 empresas más sostenibles del mundo por tercer año consecutivo”; “grupo de líderes: *Top 3* en el *ranking* de empresas más destacadas en la gestión de gases de efecto invernadero (GEI) y *Top 10* en empresas que más han contribuido a la reducción de GEIs y han liderado la gestión ambiental en los últimos diez años.”; “IBERDROLA ocupa la



octava posición entre las 100 empresas que componen la clasificación general y vuelve a liderar el sector Energía, Gas y Agua (IBERDROLA, 2006).

Además de parques científicos y tecnológicos que aplican estrategias sostenibles, existen universidades que están trabajando planes de sostenibilidad. Un ejemplo lo es la Universidad de Princeton, la cual establece que la institución, en su rol de centro de investigación, tiene la responsabilidad de estudiar y determinar soluciones para el problema climatológico global y la degradación ambiental. También, establece que la universidad tiene la responsabilidad de inculcar en sus estudiantes en proteger los recursos naturales del planeta para el disfrute de las generaciones presentes y futuras (desarrollo sustentable) y de ser un *campus* líder en la sostenibilidad nacional. Por estas razones, la Universidad de Princeton desarrolló un plan en el cual se proponen metas agresivas en tres áreas principales: reducción de los gases de invernadero, conservación de recursos e investigación, educación y compromiso civil (Princeton University, 2008). Este plan establece de modelo a seguir para la guía para la sostenibilidad que se propone crear para el parque INTENOR.

El *Burnside Industrial Park* en Dartmouth, Nova Scotia (Canadá) trabajado por la Universidad de Dalhousie presenta otro estudio de caso para este trabajo. La Universidad de Dalhousie sugiere que la aplicación de principios de ecosistemas al diseño y operación de parques industriales puede reducir los costos económicos y ambientales de realizar los negocios. La universidad desarrolló unas guías específicas para el diseño ambiental de los parques industriales y edificios. Este estudio concluyó que el operar un parque industrial como un ecosistema contribuye al desarrollo sostenible a nivel ambiental y económico. Además, mejora la eco-eficiencia del parque, genera una

producción más limpia y el uso más eficiente de los materiales, lo cual a su vez, mejora la competitividad de las compañías que apliquen el concepto (Cote & Grant, 1994). Este estudio de caso es esencial para este trabajo por que muestra un ejemplo similar al producto que se quiere lograr con la realización de esta guía para la sostenibilidad del parque científico INTENOR.

Otras universidades que han implantado planes de sostenibilidad holísticos son la Universidad de Oregón en los Estados Unidos y la Universidad Autónoma de Madrid en España. La primera, Universidad de Oregon, en el año 2000 estableció un plan de desarrollo sostenible que contemplaba el desarrollo de objetivos generales con ejemplos de aplicaciones específicas para las siguientes áreas: proceso de planificación y diseño de la universidad, uso de terreno y transportación, jardines y localización, agua, energía, materiales y recursos y calidad de ambiente interior. Luego, para el año 2004, la universidad presenta ejemplos de cómo y dónde se han implantado las estrategias propuestas en el plan, demostrando así la efectividad del plan. Por ejemplo, la universidad fue reconocida nacionalmente por su programa de reciclaje con cual están consistentemente recuperando un mínimo de 40% de los desperdicios del campo universitario y actualmente cuenta con muchos alumnos que ahora trabajan en instituciones relacionadas al reciclaje. En el caso de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), esta ha implantado planes de sostenibilidad para el manejo de desperdicios sólidos, consumo de agua, consumo de energía, consumo de materiales (específicamente papel) y movilidad sostenible. La UAM presentó resultados de su gestión para contribuir al desarrollo sostenible. Por ejemplo, al implantar estrategias de reducción de consumo de agua de riego, instalación de grifos con temporizador, entre otras estrategias, la

universidad logró disminuir su consumo de 450,000 metros cúbicos para el año 1993 a 1994 a 410,670 metros cúbicos para el año 2000 a 2001. Sin embargo, este caso es significativo para este trabajo por que esta universidad utiliza el método de cálculo de huella ecológica como índice de sostenibilidad y establece que este método se ha consolidado como uno de los más aplicados y una de las herramientas más útiles para evaluar los avances en el alcance del desarrollo sostenible (Ramírez, 2003). Esto es significativo, ya que, en este trabajos utilizamos el método de huella ecológica para determinar el beneficio ambiental o reducción de impacto ambiental al implantar estrategias de sostenibilidad a la operación del parque científico INTENOR.

### **Marco legal**

Este trabajo propone el desarrollar una guía para la sostenibilidad del parque científico INTENOR. Esta guía contiene estrategias verdes para el consumo eficiente de energía, agua y manejo de materiales que la construcción y operación de los edificios del parque requieren para presentar a la sociedad puertorriqueña un modelo de desarrollo sostenible. Por lo que, la primera ley que incide en el tema es la Ley para promover la eficiencia en el uso de energía y recursos de agua en las edificaciones nuevas y existentes del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, Número 229 del 9 de agosto de 2008, también conocida bajo su título corto Ley de Edificios Verdes. Esta reciente ley establece como política pública que Puerto Rico reconoce que el consumo de energías de fuentes no renovables por parte de los edificios del gobierno contribuye sustancialmente al problema de la contaminación ambiental, al calentamiento global y a la emisión de gases de

invernadero. Además, establece como política pública que el gobierno se compromete a promover la aplicación de métodos de construcción y arquitectura que contribuyan a ahorrar energía, conservar agua y mantener la integridad del ambiente y que todo proyecto de facilidades gubernamentales deberá diseñado, construido y certificado por alguno de los estándares de conservación. Por ejemplo, *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED*, por sus siglas en inglés), Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (*ASHRAE*, por sus siglas en inglés), entre otros. Estándares utilizados durante la evaluación de las estrategias verdes propuestas en este trabajo para INTENOR.

Sin embargo, existen dos leyes precedentes que también inciden en el tema de estudio, las cuales son la Ley Sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible (Ley Número 267 del 10 de septiembre de 2004), la Ley de Política Pública Ambiental (Ley Número 416 del 22 de septiembre de 2004) que enmienda las disposiciones de la Ley Sobre Política Pública Ambiental, Número 9 de 18 de junio del año 1970 y la ley federal *National Environmental Policy Act* de 1960. La Ley Sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible (Ley Número 267 del 10 de septiembre de 2004) establece como política pública del Estado Libre Asociado que Puerto Rico debe encaminarse a lograr una sociedad basada en una economía sostenible y un desarrollo balanceado, en el que se armonice el desarrollo económico con la restauración y protección del ambiente y el mejoramiento de la calidad de vida de los puertorriqueños. Acorde con esta ley, el trabajo propuesto tiene una meta de generar una guía, unas recomendaciones, para contribuir al alcance del desarrollo sostenible, mediante la incorporación de prácticas y tecnologías

verdes al parque científico INTENOR, el cual modelará estrategias atemperadas a la isla de Puerto Rico.

La Ley de Política Pública Ambiental (Ley Número 416 del 22 de septiembre de 2004) que enmienda las disposiciones de la Ley Sobre Política Pública Ambiental del año 1970 y la ley federal *Nacional Environmental Policy Act* de 1960 establecen como política pública el utilizar todos los medios y medidas prácticas para promover el bienestar general y asegurar que los sistemas naturales estén saludables y tengan la capacidad de sostener la vida en todas sus formas, así como la actividad social y económica, en el marco de la sostenibilidad. El propósito de estas leyes es estimular una armonía entre el hombre y su medio ambiente y fomentar los esfuerzos que impedirían daños al ambiente y la biosfera y estimular la salud y el bienestar del hombre. Dentro de este objetivo, la ley local le otorga a la Junta de Calidad Ambiental la autoridad de crear reglamentos directamente asociados al manejo y administración de nuestros recursos naturales: tierra, agua, aire, así como la disposición del caudal de desperdicios sólidos. Esto se relaciona con el tema trabajado en esta guía en el cual se propone recomendar prácticas y tecnologías para el logro de un manejo eficiente de los recursos agua, energía y materiales en el parque científico INTENOR.

Como se menciona en la justificación de este trabajo, actualmente se considera que estos tres sectores (la energía, la generación y el manejo de los desperdicios sólidos y los suministros de agua potable) requieren una atención prioritaria debido a que si escasean podrían causar una gran inestabilidad en la sociedad (O'Neill, Colucci & Irizarry, 2007). Es por esto que las siguientes leyes también inciden en el tema trabajado: Ley de Política Pública sobre Energía, Número 128 del 29 de junio de 1977, según

enmendada, la ley federal *Energy Policy Act* del año 2005, Ley Número 114 de 16 de agosto de 2007, Ley para el Desarrollo de la Energía Renovable, Número 325 de 16 de septiembre de 2004, la ley federal *Public Utility Regulatory Policies Act* (PURPA, por sus siglas en inglés) de 1978, Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico, Número 136 del 3 de junio de 1976, según enmendada hasta el año 1998, Ley para la Reducción y el Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico, Número 70 de 18 de septiembre de 1992 y sus enmiendas.

El primer sector ambiental que la guía propuesta por este trabajo desarrolla es el del consumo de energía. A nivel mundial existe una gran incertidumbre sobre la disponibilidad futura del petróleo y sus derivados y el costo del mismo proyecta un rápido crecimiento. Es por esto que la Ley de Política Pública sobre Energía, Número 128 del 29 de junio de 1977, según enmendada, establece como política pública básica asegurar al país disponibilidad de abastos energéticos en todo momento y obtener para nuestra sociedad los costos más bajos posibles para la energía. Actualmente, todo el combustible que Puerto Rico utiliza para generar energía es importado a la isla. Por lo tanto, Puerto Rico depende totalmente de que otros países generen y vendan combustible para poder generar energía en la isla. Lo cual significa que debemos buscar formas alternas de generar energía nosotros mismos para poder asegurar realmente los abastos energéticos para la sociedad puertorriqueña y no depender totalmente de otros países para lograrlo. La política pública que esta ley establece es una base importante para sustentar por qué es importante realizar estudios que promuevan la incorporación de fuentes de energías alternas aplicables a la isla de Puerto Rico, como lo es la guía que se creó en este trabajo.

A nivel federal aplica la *Ley Energy Policy Act* del año 2005, la cual tiene como propósito el manejo de la energía. Bajo la misma se legislan los requerimientos de manejo de energía de la nación, incluyendo programas para fomentar el uso de energía renovable, carros híbridos, incentivos económicos, entre otros. También, esta ley establece un programa para el desarrollo, prueba y demostración de sistemas de energía, componentes y materiales que permitan el uso de tecnologías de innovación y eficiencia en los edificios. Esta legislación federal incide en el tema de este trabajo de manera directa y significativa, ya que presenta alternativas que Puerto Rico podría implantar para aportar en alcanzar el desarrollo sostenible de la isla. Un ejemplo de esto es que bajo esta ley todos los estados tienen que tener implementado un programa de medición neta o *net metering* como se conoce en inglés, para en el año 2008. A base de esta ley federal, Puerto Rico aprobó la Ley Número 114 del año 2007.

La Ley Número 114 de 16 de agosto de 2007 se aprobó para ordenar y autorizar a la Autoridad de Energía Eléctrica a establecer un programa de medición neta (*net metering*) que permita la interconexión a su sistema de transmisión y distribución eléctrica y la retroalimentación de electricidad a los clientes que hayan instalado un equipo solar eléctrico, molino de viento o cualquier otra fuente de energía renovable capaz de producir energía eléctrica; conceder créditos en las facturas por la electricidad generada por estos equipos y compensar por el sobrante de exceso de energía generadas por los mismos; y para otros fines. Esta ley se relaciona con la guía propuesta en este trabajo, ya que a través de la misma el gobierno de Puerto Rico busca el incentivar la producción de energía a través de fuentes renovables, como lo son el sol y el viento con nuevas opciones tecnológicas que provean soluciones a nuestros problemas energéticos y

se ajusten a nuestras realidades geográficas y climatológicas. Si se implementara el sistema de medición neta en el parque científico INTENOR como parte de una de las estrategias de la guía, este servirá de ejemplo a los ciudadanos con números reales y concretos de beneficios económicos y ambientales. Este ejemplo apoyará la implementación de la Ley 114 en las edificaciones de la isla.

Alineado a la Ley de medición neta, también aplican la Ley para el Desarrollo de la Energía Renovable, Número 325 de 16 de septiembre de 2004 y la ley federal *Public Utility Regulatory Policies Act* (PURPA, por sus siglas en inglés) de 1978. Estas leyes promueven el uso de energía renovable en búsqueda de vías alternas de generación de energía que vayan acorde con el desarrollo sostenible. Como se menciona en la justificación de este trabajo, más del 98 por ciento de la energía eléctrica que se genera en Puerto Rico requiere la quema de un combustible derivado del petróleo (Cerame, 2001). Esto realmente no demuestra una diversidad equitativa entre fuentes de energía renovables y no renovables. A pesar de los indicadores mundiales de crisis energética, la Autoridad de Energía Eléctrica se ha diversificado dentro de las fuentes no renovables de energía, pero todavía no ha incluido en su diversificación fuentes de energía renovables. Es por esto, que estas leyes ayudan a implantar una verdadera diversificación energética que permita el desarrollo sostenible de la isla.

El segundo sector ambiental que la guía propuesta por este trabajo desarrolla es el del consumo de agua. La Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico, Número 136 del 3 de junio de 1976, según enmendada hasta el año 1998, es aplicable a este sector. Esta ley establece como política pública del Estado Libre Asociado mantener las aguas de Puerto Rico limpias, asegurar un abasto de agua



que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes y futuras mediante el establecimiento de áreas de reserva de aguas y estrategias de uso eficiente del recurso. El objetivo de esta ley está alineado a las estrategias propuestas en este trabajo para reducir el consumo y contaminación del agua y proteger al país de la escasez de este recurso.

El tercer sector ambiental que la guía propuesta por este trabajo desarrolla es el manejo de materiales. La Ley Núm. 70 de 18 de septiembre de 1992, conocida como Ley para la Reducción y el Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico y sus respectivas enmiendas aplican este sector. Esta ley establece como política pública del Estado Libre Asociado el desarrollar estrategias económicamente viables y ambientalmente seguras para lograr reducir el volumen de desperdicios sólidos que requerirían disposición final si no se emplea un manejo alternativo. La política pública de esta ley se concretó en el Programa para la Reducción y el Reciclaje de Desperdicios Sólidos. Este programa implanta las siguientes medidas: elaborar mecanismos para reducir el volumen de desperdicios que se generan, establecer programas de separación en la fuente, recuperación del material reciclable, desarrollar programas educativos que promuevan la participación de todos los sectores, estimular el uso de materiales reciclados y reciclables. Las medidas que el Programa para la Reducción y el Reciclaje de Desperdicios Sólidos busca implantar están alineadas a las estrategias de manejo de materiales que se desarrollaron en la guía propuesta en este trabajo. Además, este trabajo utiliza como aplicación el parque científico INTENOR, el cual es una institución sin fines de lucro. Por lo tanto, esta ley con sus respectivas enmiendas lo obligan a implantar un plan de reciclaje. La Ley para la Reducción y el Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico y sus respectivas enmiendas obligan a cualquier tipo de institución con o sin

fines de lucro que empleen más de diez personas a implantar un plan de reciclaje para inducir al sector privado a participar en la meta de reciclar un 35% de los residuos sólidos que se generan en la isla.

La política pública establecida en todas estas leyes va acorde con el concepto de desarrollo sostenible que promueve la integración de la conservación ambiental, el desarrollo socio-económico y la satisfacción de las necesidades humanas con una justicia intergeneracional. Estas leyes inciden de manera directa en este trabajo de tesis, ya que, apoyan las estrategias propuestas para consumir eficientemente los recursos de energía, agua y materiales.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

Actualmente, Puerto Rico cuenta con pocos ejemplos contruidos que puedan demostrar y concretizar el significado, valor y beneficio socioeconómico ambiental del concepto: desarrollo sostenible. Mediante este trabajo de tesis desarrollamos una guía de prácticas simples y costo-efectivas para la sostenibilidad ambiental del parque científico INTENOR. Las estrategias propuestas están dirigidas a la optimización del consumo de energía y agua y materiales, a mejorar el manejo de los desperdicios sólidos y crear sinergia entre las otras entidades municipales, educativas e industriales de la zona. De las estrategias presentadas en la guía escogimos varias de ejemplo para modelar el impacto económico y ambiental que se obtendría si las mismas se implantaran. Para proyectar el impacto económico aplicamos el concepto de costo-beneficio y para el impacto ambiental aplicamos el concepto de huella ecológica. Las proyecciones las basamos en la operación del Centro para el Desarrollo Humano, el cual ya está en operación en el parque.

#### **Área de estudio**

Para el desarrollo de este estudio utilizamos como institución modelo el Parque Científico Iniciativa Tecnológica del Norte (INTENOR). El parque científico INTENOR fue establecido en agosto de 2006 para promover el desarrollo económico en la región norte de Puerto Rico bajo un esfuerzo conjunto de los municipios, la industria y la academia. Esta región fue designada tercer área de desarrollo económico de Puerto Rico

bajo la Ley del Corredor Industrial del Norte (Ley Número 284 de 15 de septiembre de 2004), debido a que cuenta con las siguientes características para atraer y apoyar nuevas industrias: 1) infraestructura adecuada, 2) múltiples instituciones de altos niveles de educación, 3) un aeropuerto regional y 4) un puerto marítimo. Además, en el Corredor Industrial del Norte se llevan a cabo actividades de servicios que promueven la instalación de nuevas industrias en la zona, entre estos se pueden mencionar: servicios de manejo de sustancias químicas, plantas farmacéuticas, facilidades de co-generación de energía e incineración de desperdicios peligrosos, servicios de manejo de desperdicios sólidos, facilidades de tratamiento de aguas usadas, manufactureros de empaques, centros de reciclaje, vertederos y negocios de manufactura no farmacéuticas y agrícolas, entre otros.

El parque científico INTENOR está físicamente localizado en la región conocida como el Corredor Industrial del Norte, específicamente, en el municipio de Barceloneta. Sin embargo, la institución de INTENOR está compuesta por los municipios de Manatí, Barceloneta, Arecibo, Ciales, Toa Alta, Utuado, Florida, Vega Alta, Corozal, Dorado, Toa Baja, Morovis, Hatillo, Vega Baja, y Camuy (Figura 1). El parque científico INTENOR cuenta con aproximadamente 50 cuerdas de terreno, dentro de las cuales se llevó a cabo la restauración de 50,000 pies cuadrados de edificios existentes en 1.18 cuerdas de terreno para establecer uno de los tres proyectos medulares del parque: el Centro de Desarrollo Humano con sus dos componentes (el Centro de Excelencia de Tecnología Avanzada (CETA) y el Recinto Regional de la Universidad del Este (UNE)) y la construcción de la facilidad nueva de otro de los tres proyectos medulares del parque: el Centro de Desarrollo Empresarial – Incubadora de Negocios. El tercer proyecto

medular del parque es el Centro de Innovación y Desarrollo Regional conocido por sus siglas en inglés como *CREDIS* (*Center for Research and Development and Industrial Support*), el cual actualmente se encuentra en vías de diseño (Figura 2). Se propone que estos centros cuenten con laboratorios de ciencias y computadoras, plantas pilotos, salones de adiestramientos, conferencias, etc. Enfocamos el estudio en los edificios existentes que se encuentran en operación (CETA y UNE) con aplicación a los edificios prospectivos para contribuir al desarrollo sostenible de todos los componentes del parque científico INTENOR. El edificio CETA es de un solo nivel y ocupa un espacio de 35,000 pies cuadrados. El edificio UNE también es de un solo nivel y ocupa un espacio de 42,000 pies cuadrados. El desarrollar estrategias sostenibles para estos edificios va acorde con uno de los propósitos del parque: promover el desarrollo sostenido de la región norte de Puerto Rico y lo convertirá en un laboratorio viviente de iniciativas innovadoras para el desarrollo sostenible.

**1. Estimar el consumo actual de energía y agua y la generación actual de desperdicios sólidos del parque científico INTENOR para determinar el impacto ambiental que se genera al operar el mismo.**

Para este primer objetivo utilizamos datos generales provistos por el área de administración del parque. Los datos fueron provistos a base de la cantidad de dinero que se paga por los servicios de energía y agua en un promedio mensual. Con esta información, calculamos el consumo actual de energía en términos de Kilo-Vatios por hora (KWH) y el consumo actual de agua en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) en base anual (Tablas 1 y 2). Además, la administración del parque nos proveyó los datos de la cantidad de personas que “habitan” el parque, es decir, estudiantes, profesores, personal

administrativo y personal gerencial. Todos estos datos corresponden al único componente del parque científico INTENOR que se encuentra funcionando actualmente. Este componente es el Centro para el Desarrollo Humano, compuesto por dos (2) edificios existentes: (1) el edificio de la Universidad del Este (UNE) y (2) el edificio del Centro de Excelencia de Tecnología Avanzada (CETA) de la Universidad del Turabo.

Usando el dato de cantidad de personas que interactúan dentro del parque científico, estimamos una cantidad probable de desperdicios generados. Este cálculo se hizo utilizando valores de cantidad promedio de desperdicios generados diariamente por persona en Puerto Rico y porcentajes de caracterización de los desperdicios generados en Puerto Rico publicados por la Autoridad de Desperdicios Sólidos de Puerto Rico. Realizamos el estimado calculando el total de desperdicios generados por la cantidad total de personas que operan dentro del parque y a este total se le aplicaron los porcentajes de caracterización. Mediante estos cálculos estimamos la cantidad de toneladas al año de desperdicios sólidos que probablemente se pueden estar generando en el parque actualmente (Tablas 3 y 4).

Luego, utilizando fórmulas de huella ecológica estimamos la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> y la cantidad de terreno correspondiente a la huella del parque. Así, estimamos el impacto ambiental probable que la operación del parque científico INTENOR está generando actualmente (Tablas 1 a 5). Ver Apéndice 1 para detalles de cálculos.

## **2. Desarrollar estrategias simples y costo-efectivas para reducir el impacto ambiental del parque científico INTENOR y así establecer una guía modelo para contribuir al desarrollo sostenible del parque.**

Para este segundo objetivo se tomó como base el sistema de calificación para edificios existentes (*LEED Rating System*, versión 3.0) del Concilio de Edificios Verdes de Estados Unidos (USGBC, por sus siglas en inglés) para desarrollar estrategias de sostenibilidad para reducir el impacto ambiental del parque científico INTENOR (Tabla 6). Dentro de todas las estrategias escogimos y desarrollamos estrategias que consideramos más simples en términos de implantación, para modelar el beneficio económico y ambiental mediante la aplicación de los métodos de cálculo de costo-beneficio (valor presente neto) y huella ecológica y emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Tabla 7). Con el conjunto de estrategias modeladas y no modeladas, establecimos una guía modelo para contribuir al desarrollo sostenible del parque (Tabla 6).

Estimamos el consumo de los recursos de energía, agua, materiales y generación de residuos al operar el parque sin aplicar ningún tipo de estrategia de reducción. Estimamos la cantidad reducida por cada una de las estrategias y le restamos la cantidad reducida estimada al consumo estimado sin aplicar ninguna estrategia. Así, calculamos la reducción en consumo y la ganancia monetaria que se obtendría al aplicar las estrategias. Luego, estimamos el costo del equipo o tecnología necesario para implantar cada estrategia (Tabla 8 y 9).

Con esos valores, aplicamos el método de costo-beneficio de valor presente neto para calcular en que año ocurriría el retorno de inversión y cuál sería la ganancia proyectada si el parque implanta la estrategia. También, calculamos la razón beneficio/costo para determinar cuánto sería la ganancia monetaria por cada dólar de

inversión en el año o después del año en que se recupera la inversión. Para esto consideramos que el costo es la cantidad de dinero necesaria para adquirir el equipo necesario para implantar la estrategia y el beneficio es la cantidad de dinero que se ahorraría el parque si se implanta la estrategia. Así, calculamos el beneficio económico de las estrategias y modelamos cómo se puede reducir el impacto ambiental de una forma sencilla y costo-efectiva (Tabla 8). Ver Apéndice 2 para detalles de cálculos.

### **3. Determinar cómo las estrategias desarrolladas podrían reducir el impacto ambiental del parque científico INTENOR.**

Para este tercer objetivo utilizamos los cálculos realizados en el segundo objetivo de reducción de consumo de recursos y manejo de materiales al operar mediante la implantación de las estrategias. Con estos valores, calculamos la reducción en la huella ecológica y emisiones de Kilogramos de CO<sub>2</sub> para cada una de las estrategias propuestas. Así, determinamos el beneficio ambiental que el Centro para el Desarrollo Humano contribuiría si se implantan las estrategias (Tabla 9). También, con el valor de las emisiones de kilogramos de CO<sub>2</sub>, calculamos la calificación de eficiencia energética del Centro para el Desarrollo Humano para determinar si es necesario evaluar más adelante otras estrategias adicionales para alcanzar la eficiencia máxima de operación del parque (Figura 5 y Tabla 10). Ver Apéndice 2 para detalles de cálculos.

#### **Fuente de datos**

Para llevar a cabo los estimados, cálculos y evaluación de las estrategias, utilizamos varias fuentes de datos. Estas fuentes están especificadas en los Apéndices 1 y 2. Para realizar los cálculos de consumo de recursos de energía y agua utilizamos la información provista mediante una comunicación personal con el presidente ejecutivo de



INTENOR, F. Candelaria, la cual realizamos el 5 de febrero de 2009. Para estimar la cantidad de desperdicios generados en el parque utilizamos datos publicados por la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) de Puerto Rico correspondientes a la cantidad promedio de desperdicios generados diariamente por persona en Puerto Rico y a la caracterización de los desperdicios en Puerto Rico. Para corroborar que el estimado de desperdicios generados es realista utilizamos los informes trimestrales del año 2006 de materiales reciclables recuperados en una industria de la región norte de Puerto Rico. No se incluye el nombre de la industria por acuerdos de confidencialidad. Para los cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub> y de huella ecológica del parque utilizamos un factor de emisión, factor de conversión de KWH a Giga julios, factores de intensidad energética, fórmula de cálculo de huella ecológica, factores de productividad natural, hoja de cálculo de huella ecológica, entre otros datos, provenientes de referencias de autores como Doménech (2004), Doménech & González (2008), MConsultores Outsourcing (2008) y López (2008).

Para escoger las estrategias sostenibles que se desarrollaron en este trabajo utilizamos como fuente de datos el sistema de calificación para edificios existentes (*LEED Rating System*, versión 3.0) del Concilio de Edificios Verdes de Estados Unidos (USGBC, por sus siglas en inglés) y varios estudios de casos.

Para realizar los estimados de consumo de energía se estableció que el sistema solar va a proveer un 10% del total de energía consumida por el parque actualmente. La fuente de datos para establecer costos fue la tesis de la Escuela de Asuntos Ambientales de la Universidad Metropolitana de Puerto Rico, titulada Plan para la utilización de la energía solar en una institución universitaria del año 2009, autor Colón.

Para realizar los estimados de consumo de agua mediante el método de riego tradicional y mediante el método de riego con sensores de humedad de suelo se utilizaron datos de compañías dedicadas a la venta y diseño de sistemas de riego, tales como, Orbit, Rain bird, Irrrometer, entre otras. Dentro de los cálculos para esta estrategia se estimó el porcentaje de reducción al implantar el uso de sensores de acuerdo a resultados obtenidos por estudios del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias y de la Universidad de Florida. Para realizar los estimados de consumo de agua mediante el uso de inodoros, se asumió que los inodoros existentes en el Centro fueron fabricados e instalados después del año 1994 y por lo tanto, cumplen con los requisitos de consumo que establece el Código de Plomería Uniforme (*UPC*, por sus siglas en inglés). Para los cálculos del consumo por inodoros más eficientes, se usó como base un estudio de caso en tres edificios de oficinas llevado a cabo en Florida por la agencia gubernamental Distrito de Manejo de Agua de Florida (*SFWMD*, por sus siglas en inglés).

Para realizar los estimados relacionados a la compra de papel 100% reciclado certificado por la *FSC*, utilizamos el costo de resmas de papel 8.5 x 11 no reciclado y de resmas de papel 8.5 x 11 100% reciclado certificado por la *FSC* de acuerdo a la lista de precios de OfficeMax. Para realizar los estimados relacionados a la ganancia por tipo de material reciclable, se utilizaron las tarifas que las compañías de reciclaje IFCO y Schnitzer Recycling le pagan a los Laboratorios Abbott en Barceloneta por su material reciclado.

Para realizar los cálculos de beneficio económico aplicables a todas las estrategias, utilizamos el método de costo beneficio, específicamente el valor presente neto, explicada en artículos de la NOAA y de la Compañía Energética de España

IBERDROLA. Para realizar los cálculos de beneficio ambiental, utilizamos nuevamente el método de la huella ecológica, cuya fuente de datos ya mencionamos.

También, realizamos una visita al parque científico INTENOR, en donde nos atendió el vicepresidente ejecutivo de INTENOR, E. Rodríguez, la cual realizamos el 3 de diciembre de 2009. Mediante esta visita observamos las instalaciones y operaciones que se realizan en los edificios existentes del parque y confirmamos que actualmente no existe implantada ninguna estrategia de sostenibilidad ambiental.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

De acuerdo al estimado que calculamos utilizando la información provista por el personal administrativo del parque científico INTENOR correspondiente al pago promedio mensual y la cantidad de personas usuarias del parque, actualmente, el Centro para el Desarrollo Humano del parque consume un total aproximado de 1,081,514 KWH de energía por año, un total aproximado de 25,528 metros cúbicos de agua por año y genera un total aproximado de 738 toneladas anuales de desperdicios sólidos. Al aplicar el concepto de huella ecológica a estos datos, obtuvimos que a raíz del consumo de energía y agua y la generación de desperdicios, el Centro para el Desarrollo Humano del parque emite un total de 3, 072, 230 Kg CO<sub>2</sub> por año a la atmósfera y necesita una extensión aproximada de 654 ha de terreno para asimilar las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas. Esto equivale a más de 30 veces la extensión de terreno ocupada por el parque y a una octava parte de la extensión del municipio de Barceloneta donde el parque se encuentra localizado. Esto demuestra en una forma cuantitativa (numérica) la magnitud de recursos consumidos por la operación actual del parque. Es importante mencionar que las cantidades de consumo y generación están basadas en el único componente del parque que está en operación, el Centro para el Desarrollo Humano, compuesto por dos edificios: (1) el edificio de la Universidad del Este (UNE) y (2) el edificio del Centro de Excelencia de Tecnología Avanzada (CETA) de la Universidad del Turabo. Por lo que, se puede asumir que las cifras de consumo de recursos y generación

de residuos y emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera aumentarán a medida que los otros componentes del parque comiencen a operar.

Al analizar los resultados de emisiones de CO<sub>2</sub> podemos observar que los consumos energéticos y la generación de residuos son los sectores que más contribuyen a la emisión de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, no podemos afirmar cual de los dos sectores es el mayor contribuyente, debido a la limitación en el cálculo de los residuos. Como se explica en la sección de limitaciones del estudio, no existe data que cuantifique los desperdicios que se generan en el parque ni cómo se caracterizan esos desperdicios. El valor de los desperdicios que se generan así como su caracterización se basa en datos de generación de desperdicios aplicables a la población puertorriqueña en general calculados por compañías contratadas por la Autoridad de Desperdicios Sólidos de Puerto Rico. Ver sección de limitaciones del estudio para más detalles.

Al calcular la huella ecológica y las emisiones de CO<sub>2</sub> de cada edificio individual, podemos afirmar que el mayor contribuyente al impacto ambiental es el edificio del Centro de Excelencia de Tecnología Avanzada (CETA) de la Universidad del Turabo. Es interesante mencionar que el edificio CETA cuenta con una cantidad menor de estudiantes y profesores y personal administrativo (282) cuando lo comparamos con el edificio UNE (1,579). Sin embargo, es el de mayor consumo de energía y agua. La causa probable de estos resultados puede deberse al tipo de operaciones que se llevan a cabo en los laboratorios de este edificio. El edificio CETA se dedica a la enseñanza en operaciones industriales y sus laboratorios contienen equipos que simulan las operaciones de industrias farmacéuticas, tales como, secadores de vacío, máquinas para crear tabletas, tanques de mezclado, entre otros. Este tipo de operaciones unitarias requieren un

consumo mayor de energía en base a la frecuencia de uso. Mientras los laboratorios del edificio UNE contiene laboratorios que simulan hospitales, radiografías, entre otros.

Utilizando la información obtenida durante la visita al parque INTENOR y la información provista por la administración del parque, identificamos que el parque cuenta con un proyecto futuro para la producción de energía alterna utilizando fuentes renovables y desperdicios sólidos. Además, el parque esta en proceso de diseñar y construir el edificio para el proyecto medular CREDIS de acuerdo a la certificación de edificios verdes *LEED*, por sus siglas en inglés. Sin embargo, los edificios que actualmente están en operación o ya están construidos no cuentan con ningún programa o tecnología eco-amigable para un consumo más eficiente de energía y agua ni para reducir la cantidad de desperdicios generados. Aún cuando se construya el edificio verde y se completen los proyectos de energía alterna, si se continúan operando los edificios del Centro para el Desarrollo Humano de la forma actual no se alcanzará la forma más eficiente de operación del parque. Para que el parque INTENOR se pueda utilizar como un modelo de sostenibilidad, este debe ser sostenible y eco-amigable en todos los componentes del parque. Esto evitará que se emita un mensaje dual y contradictorio en cuanto a cómo consumir los recursos y aplicar un desarrollo sostenible.

Como mencionamos en la sección de metodología de este estudio, desarrollamos estrategias enfocadas a las categorías de consumo de energía, agua y manejo de materiales y desperdicios y desarrollamos conceptualmente varias estrategias por sector. De todas las estrategias desarrolladas conceptualmente escogimos cinco estrategias en total que consideramos más simples de implantar para modelarlas y proyectar su beneficio económico y ambiental mediante la aplicación de los métodos de cálculo de

costo-beneficio (valor presente neto) y huella ecológica y emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La estrategia modelada para energía fue la reducción en el consumo energético mediante la implantación de un sistema solar con placas fotovoltaicas. Las estrategias modeladas para el sector del agua fueron reducción en el consumo de agua para riego de jardines del área de estacionamiento mediante la implantación de sensores de humedad del suelo y reducción de consumo de agua por uso de baños mediante implantación de inodoros de alta eficiencia. Las estrategias modeladas para el sector de materiales y desperdicios fueron establecer una política de compra de papel 100% reciclado certificado por la *FSC* y reciclar el 35% de los desperdicios sólidos generados (Tabla 7).

Al estimar el beneficio económico y ambiental que conllevaría la implantación de las estrategias modeladas, pudimos analizar que para la mayoría de las estrategias modeladas el retorno de la inversión se obtiene rápidamente, en un promedio de dos (2) años. Esto no aplica para dos (2) de las cinco (5) estrategias modeladas: (1) el sistema de energía solar con placas fotovoltaicas y (2) la política de compra de papel 100% reciclado certificado por la *FSC*. El retorno de inversión para el sistema solar es largo (21 años) y la política de compra del papel 100% reciclado no genera ganancia económica, sino que genera un gasto adicional al parque por que este tipo de papel es más costoso que el papel virgen. A pesar de esto, cuando evaluamos las ganancias económicas de las otras estrategias estimamos que estas podrían asimilar el costo de las estrategias del sistema solar y la compra del papel reciclado al tercer año de haber implantado el conjunto de estrategias. Esto es asumiendo que se implanta el conjunto de las cinco estrategias simultáneamente. Además, el beneficio ambiental que las estrategias sistema solar y la

compra del papel reciclado producirían es significativo. También, la ganancia económica por cada dólar que se invierte en el año en que se recupera la inversión es beneficiosa para la mayoría de las estrategias modeladas. Las estrategias para reducción de consumo de agua estimaron una ganancia de \$2.33 (sensores de humedad del suelo) y \$2.58 (inodoros de alta eficiencia 0.8 gpf) por cada dólar de inversión. La estrategia para el reciclaje del 35% de los desperdicios generados estimó una ganancia de \$19.96 por cada dólar de inversión. Si proyectamos el beneficio económico de cada una de estas tres estrategias a cinco años, obtenemos una ganancia de aproximadamente \$83,000 para la estrategia de uso de sensores de humedad del suelo, aproximadamente \$107,000 para la estrategia de inodoros de alta eficiencia 0.8 gpf y \$158,000 para la estrategia de reciclaje. Sin embargo, la estrategia para reducción de consumo de energía implantando un sistema solar de placas fotovoltaicas estimó una ganancia de \$0.50 en el año en que se recupera la inversión. Ya que, la razón beneficio/costo resultó menor de uno, económicamente hablando se puede decir que no es costo-efectiva. Sin embargo, la decisión de implantar la estrategia se basa en lo económico y en lo ambiental. No se calculó la razón de beneficio/costo para la estrategia de compra de papel 100% reciclado certificado por la FSC por que esta estrategia no genera beneficio económico en realidad, genera un significativo beneficio ambiental. Esto significa que la mayoría de las estrategias propuestas (modeladas) son costo efectivas (Tabla 8).

También, el beneficio ambiental de cada estrategia presentó unas cifras prometedoras (Tabla 9). La estrategia para reducción de consumo de energía implantando un sistema solar de placas fotovoltaicas estimó una reducción de CO<sub>2</sub> igual a 95,234 Kg CO<sub>2</sub>, que resulta en la reducción de 20 hectáreas de huella ecológica. La estrategia de



sensores de humedad de suelo para reducción de consumo de agua estimó una reducción en emisiones de CO<sub>2</sub> igual a 18,344 Kg CO<sub>2</sub>, que resulta en la reducción de 4 hectáreas de huella ecológica. La estrategia de inodoros de alta eficiencia para reducción de consumo de agua estima una reducción en emisiones de CO<sub>2</sub> igual a 45,533 Kg CO<sub>2</sub>, que resulta en la reducción de 10 hectáreas de huella ecológica. Lo cual resulta en un total de reducción de 63,878 Kg de CO<sub>2</sub> y 13 hectáreas de huella ecológica para ambas estrategias de reducción de consumo de agua. La estrategia para el reciclaje del 35% de los desperdicios generados estimó una reducción en emisiones de CO<sub>2</sub> igual a 459,398 Kg CO<sub>2</sub>, que resulta en la reducción de 97 hectáreas de huella ecológica. La estrategia de compra de papel 100% reciclado certificado por la FSC estimó una reducción en emisiones de CO<sub>2</sub> igual a 179,315 Kg CO<sub>2</sub>, que resulta en la reducción de 38 hectáreas de huella ecológica. Lo cual resulta en un total de reducción de 638,713 Kg de CO<sub>2</sub> y 135 hectáreas de huella ecológica para ambas estrategias de manejo de materiales. En total, al implantar el conjunto de las cinco (5) estrategias se estarían reduciendo 861,702 emisiones de CO<sub>2</sub> y 182 hectáreas de huella ecológica a partir de las cifras actuales estimadas de impacto ambiental (3,072,230 Kg CO<sub>2</sub> y 654 hectáreas de huella ecológica) que se generan al operar el Centro para el Desarrollo Humano del parque sin tener implantada ninguna estrategia sostenible. Esto equivale a una reducción de impacto ambiental promedio de 28% (Tabla 10 y Figuras 3 y 4).

También, con los valores de las emisiones de kilogramos de CO<sub>2</sub>, calculamos la calificación de eficiencia energética del Centro para el Desarrollo Humano (Figura 5). El resultado de este cálculo fue 0.72 lo que equivale a una calificación de C. Esto significa que implantando las 5 estrategias propuestas todavía el parque podría mejorar su

eficiencia energética. Sin embargo, una calificación de C es aceptable para una primera fase de implantación (Figura 5 y Tabla 10).

Con estos estimados, analizamos que aún cuando las estrategias que se desarrollaron fueron las más simples dentro de la gama de requisitos que el sistema *LEED* y otros sistemas recomiendan, el implantarlas generan beneficios económicos y ambientales significativos y considerables. Si se implantan estrategias como las propuestas en este trabajo podemos contribuir al desarrollo sostenible del parque de una manera simple, costo-efectiva y eco-amigable. Las estrategias propuestas en este trabajo modelan o establecen ejemplos dentro de muchas otras opciones que actualmente existen en el mercado de la sostenibilidad. Sin embargo, este trabajo presenta estrategias que contribuyen a cambiar el paradigma de que operar y vivir de forma sostenible es más complicado y más costoso. Si estas estrategias u otras parecidas se implantan en el parque, este serviría como un modelo que permitiría a todas las personas que interactúan con el parque a experimentar aplicaciones de desarrollo sostenible. La comunidad del parque experimentaría qué cambios en nuestra forma de vivir son necesarios para ser más sostenibles y cuán factibles y efectivos son esos cambios.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

Podemos concluir que la meta y objetivos de este estudio se cumplieron. Pudimos estimar el consumo actual de energía y agua y la generación actual de desperdicios sólidos del parque científico INTENOR, con lo cuál determinamos el impacto ambiental actual del parque. Desarrollamos varias estrategias para cada uno de los tres sectores ambientales enfocados en este estudio: energía, agua y desperdicios sólidos. Dentro de estas estrategias escogimos cinco estrategias para modelarlas. Demostramos que las estrategias modeladas son simples en términos de implantación y además, en su mayoría son costo-efectivas. También, estimamos cuánto podría ser la reducción del impacto ambiental del parque al implantar las estrategias.

El análisis de costo-beneficio que hicimos a cada estrategia demostró que la mayoría de ellas tienen un retorno de inversión bastante rápido (a corto plazo) y producen ganancias económicas al parque a corto y a largo plazo. Hubo dos estrategias que son menos costo-efectivas al compararla con las demás. Estas fueron el sistema de energía solar con placas fotovoltaicas y la política de compra de papel 100% reciclado certificado por la FSC. El retorno de inversión para el sistema solar es largo (21 años) al compararlo con el retorno de inversión de las otras estrategias modeladas (promedio de 2 años) y la política de compra del papel 100% reciclado no genera ganancia económica, sino que genera un gasto adicional al parque. Sin embargo, el beneficio ambiental que estas

estrategias producen podría justificar la inversión económica. Además, al implantar las estrategias modeladas en conjunto, el costo de estas dos estrategias podría ser absorbido o recompensado con las altas ganancias económicas de las otras estrategias al tercer año de haber implantando las estrategias en conjunto. Por lo que, concluimos que el conjunto de las estrategias modeladas reducirían el impacto ambiental del parque científico INTENOR significativamente de una forma simple de implantar y costo efectiva. Por tanto, este trabajo logró desarrollar una guía de prácticas simples y costo-efectivas que podrían contribuir al alcance de la sostenibilidad ambiental del parque científico INTENOR y servir de modelo para la sociedad puertorriqueña.

Además, al evaluar el análisis del problema, concluimos que es importante comenzar a establecer estrategias sostenibles en los componentes del parque que ya están en operación para comenzar cuanto antes el desarrollo sostenible del parque y no esperar por los proyectos futuros de sostenibilidad (construcción de edificio verde certificado: CREDIS y proyecto de fuentes de energía alternas). Esto contribuirá a que el parque comience desde ya a desarrollar en su comunidad una conciencia ambiental y a establecerse como un modelo de sostenibilidad ambiental para la sociedad puertorriqueña. También, el comenzar a implantar estrategias sostenibles en todos los componentes del parque ayudará a que en un futuro no sólo se obtenga la certificación *LEED* para uno de los componentes del parque, sino que podría obtener la certificación para el complejo entero. Esto le dará una exposición adicional al parque a nivel de Puerto Rico, ya que, el tema de las instituciones “verdes” se está popularizando cada vez. Esta exposición podría contribuir en la atracción de mayor estudiantado y grupos de investigación interesados en estudiar y/o investigar utilizando las facilidades del parque.

## **Recomendaciones**

De acuerdo a los resultados de este estudio, recomendamos al parque científico INTENOR iniciar el proceso de evaluación e implantación de las estrategias modeladas en este trabajo. Este proceso conllevaría la primera fase de desarrollo sostenible para el parque. Recomendamos comenzar implantando las estrategias en el Centro para el Desarrollo Humano por que es el que ya se encuentra en operación. Al implantar el plan de acción que proponemos en este trabajo, el parque estaría comenzando a disminuir su impacto ambiental y estaría comenzando a operar de una forma más sostenible con los componentes que ya están en operación. Así, el parque INTENOR no necesitaría esperar por completar la construcción del edificio CREDIS y de los otros proyectos de energía alterna para comenzar a convertirse en un modelo de sostenibilidad. Luego, recomendamos evaluar a qué otras áreas del parque se pueden aplicar estas estrategias. También, evaluar qué otras estrategias que se podrían implantar para continuar el proceso de desarrollo sostenible del parque y mejorar la calificación de eficiencia energética de los edificios de C a A, para más adelante alcanzar la eficiencia máxima de operación del parque (Figura 5 y Tabla 10).

Además, recomendamos evaluar los beneficios económicos y ambientales que se podrían obtener con la implantación de las estrategias utilizando valores reales (medidos), no estimados, de consumo energético, agua, materiales y generación de desperdicios sólidos. Esto ayudará en el proceso de evaluación y elección de las estrategias y le dará más exactitud a los valores presentados en las propuestas para las donaciones económicas.

## **Limitaciones**

La limitación mayor de este estudio es la obtención de datos reales, no estimados, de consumo de energía, agua y generación de desperdicios sólidos. El parque no tiene datos medidos de estos consumos. Por lo que, utilizamos estimados en base a lo que se paga por los servicios de energía y agua y datos promedios de generación de desperdicios sólidos aplicados a la sociedad puertorriqueña en general para poder estimar los consumos actuales del parque y el impacto ambiental que estos generan.

Para determinar el beneficio económico y ambiental de las estrategias propuestas también utilizamos valores estimados para los datos necesarios para los cálculos. Para aplicar el método de costo-beneficio se necesita determinar costos o valores monetarios a cosas a las que realmente no se le adjudican valores monetarios. Por lo que, dentro de todo lo que sería un costo y un beneficio en las estrategias, escogimos sólo las cosas a las que se le pueden asignar valores monetarios. En el caso del método de la huella ecológica utilizamos factores que se han calculado para otros países, pero no para Puerto Rico. Por ejemplo, factores de absorción de bosques en España o Méjico, ya que no encontramos estos valores para bosques de Puerto Rico.

Sin embargo, consideramos que los estimados fueron bastante realistas. Para comprobar esto hicimos comparaciones de cálculos hechos para otras entidades con consumos o tipo de operación parecidas al parque. Ver Apéndices 1 y 2 para más detalles.

## **CAPÍTULO VI**

### **PLAN DE ACCIÓN**

El plan de acción que se establece en este trabajo describe cómo se puede comenzar a operar los edificios existentes del Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR de una forma más sostenible. Este plan incluye las estrategias modeladas que demuestran ser simples, costo-efectivas y que contribuyen a disminuir el impacto ambiental actual del parque. Las estrategias modeladas podrían representar una primera fase para el alcance del desarrollo sostenible del parque científico INTENOR. Aún cuando la administración del parque tiene proyectado el desarrollo futuro de un edificio verde para uno de sus componentes, el edificio CREDIS, y el desarrollo futuro de proyectos de producción de energía alterna, los edificios que ya se encuentran en operación no cuentan con ninguna medida de sostenibilidad.

#### Objetivos:

1. Reducir al menos el 20% del impacto ambiental (huella ecológica y emisiones de CO<sub>2</sub>) del Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR.
2. Concienciar a la comunidad del parque acerca de las acciones que el parque está implantando para contribuir al alcance de su desarrollo sostenible.

#### Estrategias:

1. Reducción del 10% en el consumo de energía eléctrica mediante la utilización de un sistema de placas fotovoltaicas para energía solar.

2. Reducción del 20% en el consumo de agua por riego de jardines de áreas de estacionamiento mediante el uso de sensores de humedad del suelo.
3. Reducción del 50% en el consumo de agua mediante la utilización de equipo de baño (inodoros) de alta eficiencia.
4. Reciclaje del 35% de los desperdicios generados (papel y cartón, plástico, vidrio y aluminio).
5. Establecer política de compra de papel 100% reciclado certificado por la *FSC* (*Forest Stewardship Council*) para el 100% del papel blanco 8.5 x 11 pulgadas utilizado en el parque.
6. Llevar a cabo un mínimo de una actividad de concienciación ambiental por semestre.

Acciones:

1. Establecer un comité de desarrollo sostenible del parque científico INTENOR para llevar a cabo las acciones propuestas en este trabajo.
2. Evaluar las estrategias propuestas utilizando como base los estimados presentados en este trabajo para determinar cuáles estrategias son viables para el parque y establecer el orden de implantación de cada estrategia.  
  
Nota: Los estimados presentados en este trabajo aplican a un escogido de todas las estrategias propuestas, lo cual consideramos la primera fase de desarrollo sostenible del parque.
3. Buscar donaciones de entidades privadas o asignación de fondos gubernamentales para implantar las estrategias escogidas.



4. Evaluar compañías que puedan proveer los equipos o materiales necesarios para implantar las estrategias y que puedan proveer asistencia técnica durante el proceso de diseño e implantación de las estrategias. Escoger las compañías más favorables.
5. Contratar las compañías escogidas para la implantación de las estrategias.
6. Implantar las estrategias sostenibles escogidas.
7. Asignar las responsabilidades nuevas que están relacionadas a la implantación de las estrategias sostenibles:
  - a. Para la estrategia 1, el director de mantenimiento del parque debe coordinar las visitas de la compañía que instale el sistema de placas fotovoltaicas para mantenimiento preventivo o correctivo del sistema.
  - b. Para la estrategia 2, el personal de mantenimiento encargado de los jardines de las áreas de estacionamiento debe inspeccionar diariamente los sensores de humedad del suelo para determinar cuando es necesario regar los mismos.
  - c. La estrategia 3 no requiere ninguna responsabilidad nueva para el personal de mantenimiento o administrativo del parque.
  - d. Para la estrategia 4, el personal de mantenimiento del parque debe recoger los desperdicios separados para reciclaje y llevarlos al área designada para recogido por la compañía de reciclaje contratada. El director de mantenimiento del parque debe coordinar la frecuencia de recogido de los desperdicios separados con la compañía contratada.

- e. Para la estrategia 5, el personal administrativo dedicado a las compras de materiales para el parque debe priorizar la compra de materiales reciclados y ecológicos o la compra de materiales a proveedores que acrediten su gestión ambiental. En el caso de un proveedor o contratista nuevo se debe aprobar el proveedor o contratista mediante el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en la política de compra sostenible del parque.
  - f. Para la estrategia 6 y las acciones propuestas en este plan de acción, el personal perteneciente al comité para el desarrollo sostenible del parque tendrá responsabilidad adicional de mantener actualizados los cálculos de beneficios económicos y ambientales de las estrategias implantadas. También, tendrá responsabilidad de organizar las actividades de difusión para la conciencia ambiental en la comunidad del parque y de evaluar futuras fases de desarrollo sostenible.
8. Medir el consumo real de energía, agua, materiales y generación de desperdicios sólidos antes y después de implantar las estrategias para determinar los beneficios económicos y ambientales de cada estrategia implantada.
9. Difundir las acciones que el parque está llevando a cabo para contribuir al alcance de su desarrollo sostenible para la creación de una conciencia ambiental en la comunidad del parque:
- a. Comunicar a la comunidad del parque las estrategias implantadas, beneficios económicos y ambientales y cómo cada persona puede contribuir a que las estrategias sean efectivas.

- b. Fomentar la investigación relacionada temas ambientales y de desarrollo sostenible. Comunicar el progreso y los resultados de estas investigaciones.
- c. Fomentar la oferta educativa ambiental en el currículo de la parte académica del parque.

10. Evaluar las otras estrategias propuestas y otros componentes del parque para futuras fases de desarrollo sostenible y establecer planes futuros de implantación.

Responsables de llevar a cabo el plan de acción:

- 1. Administración del parque científico INTENOR y el Comité de desarrollo sostenible del parque que se designe.

Costo aproximado:

Asumimos que el costo de todas las acciones, con excepción de la acción número 6, se asimila en los salarios del personal de mantenimiento y personal administrativo relacionado a la implantación de alguna estrategia o perteneciente al comité para el desarrollo sostenible del parque. Asumimos esto debido a que la implantación de las estrategias junto con las responsabilidades nuevas que estas conllevarían, serían parte de las funciones diarias del personal. La acción número 6 correspondiente a la implantación de las estrategias tendría un costo total estimado de \$ 345,510 (Tablas 8 y 10):

- 1. La estrategia 1 tiene un costo estimado de \$ 304,149.
- 2. La estrategia 2 tiene un costo estimado de \$ 3,963.
- 3. La estrategia 3 tiene un costo estimado de \$ 4,620.
- 4. La estrategia 4 tiene un costo estimado de \$ 5,880.
- 5. La estrategia 5 tiene un costo estimado de \$ 26,898.

6. La estrategia 6 no tiene costo estimado debido a que asumimos que el costo se asimila dentro de los salarios del personal perteneciente al comité para el desarrollo sostenible del parque científico INTENOR.

Calendario:

Estimamos los siguientes períodos de tiempo para implantar cada estrategia. Estos períodos de tiempo incluyen las etapas de diseño de logística, instalación de equipo (si aplica), implantación final de la estrategia.

1. La estrategia 1 tiene un estimado de período de desarrollo, diseño e implantación de 6 a 9 meses.
2. La estrategia 2 tiene un estimado de período de desarrollo, diseño e implantación de 3 a 4 meses.
3. La estrategia 3 tiene un estimado de período de desarrollo, diseño e implantación de 6 a 7 meses.
4. La estrategia 4 tiene un estimado de período de desarrollo, diseño e implantación de 3 a 4 meses.
5. La estrategia 5 tiene un estimado de período de desarrollo, diseño e implantación de 3 meses.
6. La estrategia 6 tiene un estimado de período de desarrollo, diseño e implantación de 3 meses.

De acuerdo a los períodos estimados de implantación de las estrategias, podemos decir que el plan de acción para la primera fase del desarrollo sostenible del parque científico

INTENOR conllevaría un período total de implantación de 9 meses, si las estrategias se trabajan simultáneamente.

Indicadores de efectividad:

Esperamos que se cumplan los objetivos del plan de acción propuesto: (1) reducir al menos el 20% del impacto ambiental (huella ecológica y emisiones de CO<sub>2</sub>) del Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR y (2) concienciar a la comunidad del parque acerca de las acciones que el parque está implantando para contribuir al alcance de su desarrollo sostenible. Para evaluar el cumplimiento del objetivo el comité para el desarrollo sostenible del parque debe mantener datos actualizados de los indicadores de efectividad. Estos indicadores son

1. Porcentaje de reducción en el consumo eléctrico.
2. Porcentaje de reducción en el consumo de agua.
3. Porcentaje de compra de papel 100% reciclado certificado por la *FSC*.
4. Porcentaje de reciclaje de desperdicios.
5. Porcentaje de impacto ambiental reducido total e individual (energía, agua, materiales):
  - a. Porcentaje de reducción de huella ecológica total e individual (energía, agua, materiales).
  - b. Porcentaje de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> total e individual (energía, agua, materiales).
6. Ahorro económico obtenido total e individual (por reducción de consumo eléctrico, por reducción de consumo de agua y por reciclaje de desperdicios)
7. Cantidad de actividades de concienciación ambiental por semestre.

Resumen del plan de acción para la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.

Objetivos	Estrategias	Responsables	Costo (\$)	Calendario	Indicadores	Expectativas
1. Reducir al menos el 20% del impacto ambiental (huella ecológica y emisiones de CO <sub>2</sub> ) del Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR.	1. Reducir el 10% en el consumo de energía eléctrica mediante la utilización de fuentes de energía renovables.	- Administración del parque INTENOR - Comité de desarrollo sostenible del parque INTENOR. -Personal de mantenimiento	304,149	6 a 9 meses	- Porcentaje de reducción en el consumo eléctrico. - Porcentaje de reducción en el consumo de agua. - Porcentaje de reciclaje de desperdicios.	1. Reducir más del 20% del impacto ambiental (huella ecológica y emisiones de CO <sub>2</sub> ) del Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR.
	2. Reducir el 20% del consumo de agua por riego de jardines en áreas de estacionamiento.	- Administración - Comité -Personal de mantenimiento	3,963	3 a 4 meses	- Porcentaje de compra de papel 100% reciclado certificado por la <i>FSC</i> . - Porcentaje de impacto ambiental reducido total e individual (energía, agua, materiales), huella ecológica y emisiones de CO <sub>2</sub>	
	3. Reducir el 50% en el consumo de agua mediante la utilización de equipo de baño (inodoros) de alta eficiencia.	- Administración - Comité	4,620	6 a 7 meses	- Ahorro económico obtenido total e individual (por reducción de consumo eléctrico, por reducción de consumo de agua y por reciclaje de desperdicios)	
	4. Reciclar el 35% de los desperdicios generados (papel y cartón, plástico, vidrio y aluminio)	- Administración - Comité -Personal de mantenimiento	5,880	3 a 4 meses		
	5. Establecer política de compra de papel 100% reciclado certificado por la <i>FSC</i> para el 100% del papel utilizado.	- Administración - Comité -Personal administrativo que realiza compras.	26,898	3 meses		

Continuación

Resumen del plan de acción para la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.

Objetivos	Estrategias	Responsables	Costo (\$)	Calendario	Indicadores	Expectativas
2. Concienciar a la comunidad del parque acerca de las acciones que el parque está implantando para contribuir al alcance de su desarrollo sostenible.	6. Llevar a cabo un mínimo de una actividad de concienciación ambiental por semestre.	- Administración del parque INTENOR - Comité de desarrollo sostenible del parque INTENOR.	N/A*	3 meses	- Cantidad de actividades de concienciación ambiental por semestre.	2. Concienciar a la comunidad del parque acerca de las acciones que el parque está implantando para contribuir al alcance de su desarrollo sostenible.

\*Asumimos que el costo se asimila dentro de los salarios del personal perteneciente al comité de desarrollo sostenible del parque INTENOR.

## LITERATURA CITADA

Alameda, J. I. & Díaz, I. (2007). *Hacia la medición del bienestar económico sostenible para Puerto Rico*. Recuperado de <http://aceer.uprm.edu/didactico.html>.

Amin, S. (2009). Capitalism and the ecological footprint. *Monthly Review: An Independent Socialist Magazine*, 61(6), 19-22. Recuperado de Academic Search Complete database.

Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España. (2003). *Los parques científicos y tecnológicos: Una contribución fundamental al sistema de Ciencia y Tecnología de España*. Málaga: M2J Publicidad, S.L. Recuperado de <http://www.apte.org/es/libros-apte.cfm>

Asociación de Parques Científicos y Tecnológicos de España. (2006). *Definición de parque*. Recuperado de <http://www.apte.org/es/definicion-de-parque.cfm>.

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados. (1976). *Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua de Puerto Rico del 3 de junio de 1976*. 12 LPRA § 1115. Recuperado de Navegación Jerárquica de LPRA Microjuris Puerto Rico leyes jurisprudencia, <http://www.estado.gobierno.pr/> y <http://www.acueductospr.com/NUESTRAAUTORIDAD/leyes.htm>.

Autoridad de Desperdicios Sólidos. (2003). *Waste characterization results average composition of solid waste discards in Puerto Rico*. Recuperado de <http://www.ads.gobierno.pr/secciones/planificacion/E12EstudioCaractjunio2003.htm>

Baño, A. & Vigil, A. (2005). *Guía de construcción sostenible*. Recuperado de <http://www.ecoterra.org>.

Bell, S. & Morse, S. (2006). *Measuring sustainability learning from doing*. 2da edición. London, Sterling, VA: Earthscan.



- Berke, P. & Conroy, M. (2000). Are we planning for sustainable development? An evaluation of 30 comprehensive plans. *Journal of the American Planning Association* 66(1), 21-33.
- Boada, A. (2007). Eco-innovación: de la producción limpia al consumo sustentable. *Innovación y Ciencia*, 14(1):52-59.
- Browning, W. (2003). Successful strategies for planning a green building. *Planning for Higher Education*, 31(3), 111-119. Recuperado de Education Full Text database.
- Bruyn, S. (1976). Puerto Rico: Self-determination in an interdependent world. *Peace & Change*, 4(1):50. Recuperado de Academic Search Complete database.
- Cámara de Representantes. (1977). *Ley de Política Pública sobre Energía del 29 de junio de 1977*. 64 LPRÁ § 1061. Recuperado de <http://www.presupuesto.gobierno.pr/PresupuestosAnteriores/af2003/baseLegal/BA SE%20LEGAL/132/132.HTM>
- Cámara de Representantes. (1992). *Ley para la Reducción y el Reciclaje de los Desperdicios Sólidos en Puerto Rico del 18 de septiembre de 1992*. 12 LPRÁ § 1320. Recuperado de Navegación Jerárquica de LPRÁ Microjuris Puerto Rico leyes jurisprudencia y <http://www.estado.gobierno.pr/>.
- Cámara de Representantes. (2004a). *Ley sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible del 10 de septiembre de 2004*. Recuperado de <http://www.lexjuris.com/>.
- Cámara de Representantes. (2004b). *Ley para el Desarrollo de la Energía Renovable de 16 de septiembre de 2004*. 23 LPRÁ. Recuperado de <http://www.lexjuris.com/>.
- Cámara de Representantes. (2007). *Ley Número 114 de 16 de agosto de 2007*. 22 LPRÁ. Recuperado de <http://www.lexjuris.com/>.
- Cámara de Representantes. (2008). *Ley para promover la eficiencia en el uso de energía y recursos de agua en las edificaciones nuevas y existentes del Estado Libre Asociado de Puerto Rico del 9 de septiembre de 2008*. 23 LPRÁ. Recuperado de <http://www.lexjuris.com/>.

- Campbell, S. & Fainstein, S.S. (2003). *Readings in Planning Theory*. Massachusetts, Oxford, Australia: Blackwell Publishing.
- Cerame, M. J. (2001). *Ecología, Puerto Rico – Pensamiento Crítico para el Nuevo Milenio*. Puerto Rico: Publicaciones Puertorriqueñas, Inc.
- Colón, J. (2009). *Plan para la utilización de la energía solar en una institución universitaria*. UMET, Puerto Rico.
- Cote, R., J. Grant. (2006). *Industrial ecology and the sustainability of Canadian cities*. Nova Scotia: Eco-Efficiency Centre Dalhousie University.
- Departamento de Estado Gobierno de Puerto Rico. (2009) *Orden Ejecutiva del Gobernador del Estado Libre Asociado de Puerto Rico para Respaldo del Modelo Organizacional Socio-Económico conocido como Iniciativa Tecnológica del Norte (Intenor)*. OE-2007-29. Recuperado de <http://www.estado.gobierno.pr/>.
- Departamento de Estado Gobierno de Puerto Rico. (2007) *Orden Ejecutiva del Gobernador del Estado Libre Asociado de Puerto Rico para Respaldo del Modelo Organizacional Socio-Económico conocido como Iniciativa Tecnológica del Norte (Intenor)*. OE-2007-29. Recuperado de <http://www.estado.gobierno.pr/>.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2004). *Ley sobre Política Pública Ambiental del 22 de septiembre de 2004*. 12 LPRA § 8001. Recuperado de <http://www.estado.gobierno.pr/>, <http://www.lexjuris.com/> y <http://www.drna.gobierno.pr/biblioteca/leyes>.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (2007). *Declaración de Impacto Ambiental Estratégica Actualizada - Plan Integral de Recursos de Agua de Puerto Rico*. Puerto Rico: DRNA (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales – Estado Libre Asociado de Puerto Rico). Recuperado de <http://aceer.uprm.edu/didactico.html>.
- Department of Energy. (1978). *Public Utility Regulatory Policies Act*. Recuperado de <http://www.oe.energy.gov/purpa.htm>.

- Doménech, J.L. (2004). *Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa*. Recuperado de [www.caei.com.ar/es/programas/recursosn/10.pdf](http://www.caei.com.ar/es/programas/recursosn/10.pdf).
- Doménech, J.L. & González, M. (2008). La huella ecológica de las empresas: 4 años de seguimiento en el Puerto de Guijón. *Revista OIDLES*. 2(4). Recuperado de <http://www.eumed.net/rev/oidles/04/da.htm>.
- Díaz, M. (2008). Cambio obligado en el consumo de luz. *El Nuevo Día – Negocios*. p.12, 13 de marzo.
- Environmental Protection Agency. (1969). *National Environmental Policy Act of 1969*. 42 USC § 4321. Recuperado de <http://www.epa.gov/lawsregs/laws/nepa.html>.
- Environmental Protection Agency. (2005). *Energy Policy Act of 2005*. 42 USC § 13201.
- González, C. (2008). *Reciclaje para la protección del ambiente y los recursos naturales*. Recuperado de <http://www.uprm.edu>.
- Holowka, T. (2008). LEED and higher education. *The LEED Guide*, 8:38, 40.
- IBERDROLA. (2006). *Presencia en índices de sostenibilidad*. Recuperado de <http://www.iberdrola.es/wcorp/corporativa/iberdrola>.
- Iniciativa Tecnología del Norte. (2009). Informe Ejecutivo 2009. Iniciativa Tecnología del Norte (INTENOR).
- Jiménez, L. M. (1996). *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Junta de Planificación - Oficina del Censo. (2007) *Estimación de Población Total de Puerto Rico*. Extraído abril 2, 2008. <http://www.gobierno.pr/Censo/EstimacionPoblacion/EstimacionesNegociado>.

- Laar, M. & Grimme, F.W. (2006). *Edificios sostenibles en el trópico*. Alemania, Recuperado de <http://www.ecoterra.org>.
- Lehni, M. (2000). *Eco-efficiency creating more value with less impact*. Recuperado de <http://www.wbcsd.org/templates/TemplateWBCSD2/layout.asp?type=p&MenuId=ODU&doOpen=1&ClickMenu=RightMenu>
- León, G. (2005). El papel de los Parques Científicos y Tecnológicos en la estrategia de I+D+i de las universidades públicas: el caso de la Universidad Politécnica de Madrid. *Revista de Investigación en Gestión de la Innovación y Tecnología*, (33). Recuperado de <http://www.madrimasd.org/revista/revista33/tribuna/tribuna1.asp>.
- López, N. (2008). Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades. Universidad de Santiago Compostela. Oficina de Desarrollo Sostenible. Congreso Nacional del Medio Ambiente – Cumbre del Desarrollo Sostenible. Madrid. Recuperado de [http://www.conama9.org/conama9/download/files/CTs/987984792\\_NL%F3pez.pdf](http://www.conama9.org/conama9/download/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf)
- Lowe, I. (2008). Shaping a sustainable future – an outline of the transition. *Civil Engineering & Environmental Systems*, 25(4):247-254. doi:10.1080/10286600802002965.
- MConsultores Outsourcing. (2008). *Cálculo Huella Ecológica*. Recuperado de [http://www.oma-malaga.com/subidas/archivos/arc\\_849.pdf](http://www.oma-malaga.com/subidas/archivos/arc_849.pdf).
- McPhaul, J. (2004). Puerto Rico: Energy Challenge. *Caribbean Business*. Recuperado de <http://aceer.uprm.edu/didactico.html>.
- Mehta, R. (2009). Sustainable Development – How Far is it Sustainable?. *Proceedings of World Academy of Science; Engineering & Technology*, 39:754-757. Recuperado de Academic Search Complete database.
- Miranda, S. (2008). *Gastos y Tarifas (Cláusula de Ajuste)*. División de Planificación y Estudios de la Autoridad de Energía Eléctrica. Recuperado de <http://www.pia-pr.org/index.php?src=documents>.

- Naciones Unidas. (1994). *Report of the Global Conference on the Sustainable Development of Small Island Developing States*. Bridgetown, Barbados.
- Naciones Unidas. (2002a). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/unced.html>.
- Naciones Unidas. (2002b). *Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible – Johannesburgo (Sudáfrica)*. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/doconf.htm>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. *Restoration Economics - Discounting and Time Preference*. Recuperado de <http://www.noaa.org>.
- O'Neill, E., J. A., Colucci, A. A., Irizarry. (2007). Un futuro sostenible para Puerto Rico: Propuesta ante el cambio climático. *Dimensión Ingeniería y Agrimensura*, 3:9-12.
- Parque Tecnológico de San Sebastián. (2006). *Parque Tecnológico de San Sebastián*. Extraído mayo 1, 2008. <http://www.miramón.es/home>.
- Pickett, S., Cadenasso, M., Grove, J., Nilon, C., Pouyat, R., Zipperer, W. & Costanza, R. (2001). URBAN ECOLOGICAL SYSTEMS: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Component of Metropolitan Areas. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 32(127). Recuperado de Academic Search Complete database.
- Princeton University. (2008). *The Princeton University Sustainability Plan*. Extraído febrero 27, 2008. <http://www.princeton.edu/pr/reports/sustain/htm/index.htm>.
- Qualk, J, & McCown, P. (2009). The Cost-Effectiveness of Building “Green”. *Heating/Piping/Air Conditioning Engineering*, 81(10):18-20, 22-23. Recuperado de Applied Science Full Text database.
- Ramírez, N. (2003). *Ahorro Energético en la enseñanza. Estudio técnico y social de la UAM. Propuesta para el ahorro*. Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de <http://www.uam.es>.

- Robson, D. (2009). Redefine the bottom line. (Cover story). *New Scientist*, 203(2725), 34-35. Recuperado de Academic Search Complete database.
- Senado de Puerto Rico (2009). P. del S. 731 Referido a las Comisiones de Recursos Naturales y Ambientales; y de Hacienda. Recuperado de <http://www.senadopr.usProyectos>.
- Sneirson, J. (2009). Green Is Good: Sustainability, Profitability, and New Paradigm for Corporate Governance. *Iowa Law Review*, 94(3), 987-1022. Recuperado de OmniFile Full Text Mega database.
- Soto, G. (2007). *Huella ecológica: el peso de nuestros pies sobre el planeta*. Recuperado de <http://aceer.uprm.edu/didactico.html>.
- University of Oregon. (2000). *Sustainable Development Plan*. University Planning Office.
- U.S. Green Building Council. (2009a). *LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System*. Versión 3.0. Recuperado de <http://usgbc.org>.
- U.S. Green Building Council. (2009b). *LEED 2009 for Existing Buildings: Operations and Maintenance Rating System*. Versión 3.0. Recuperado de <http://usgbc.org>.
- Wheeler, S.M. (2004). *Planning for sustainability*. 1<sup>ra</sup> edición. Londres y Nueva York: Routledge.

## **TABLAS**

Tabla 1. *Estimado de consumo actual de energía e impacto ambiental asociado para el Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR*

Edificio	Promedio anual pago de energía (\$/año)	Promedio anual consumo de energía (KWH/año)	Huella Ecológica (ha/año)	Emisiones de Carbono (Kg CO <sub>2</sub> /año)
CETA	16,666	901,271	168	793,626
UNE	3,333	180,243	34	158,715
Total	19,999	1,081,514	203	952,342



Tabla 2. *Estimado de consumo actual de agua e impacto ambiental asociado para el Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR*

Edificio	Promedio anual pago de agua (\$/año)	Promedio anual consumo de agua (m <sup>3</sup> /año)	Huella Ecológica (ha/año)	Emisiones de Carbono (Kg CO <sub>2</sub> /año)
CETA	3,333	20,839	16	74,927
UNE	750	4,689	4	16,860
Total	4,083	25,528	19	91,787

Tabla 3. *Estimado de generación total de desperdicios sólidos para el Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR*

Edificio	Cantidad de personas	Promedio anual generación de desperdicios sólidos (ton/año)
CETA	282	201
UNE	1,579	1,127
Total	1,861	1,328

Tabla 4. *Estimado de impacto ambiental asociado a la generación de desperdicios sólidos del Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR*

Tipo de desperdicio generado	Porcentaje de caracterización de desperdicios sólidos (%)	Promedio anual generación de desperdicios sólidos caracterizados (ton/año)	Huella Ecológica (ha/año)	Emisiones de Carbono (Kg CO <sub>2</sub> /año)
Papel y cartón	19.3	256	109	512,922
Plástico	10.5	139	87	406,949
Aluminio	10.5	139	177	837,152
Vidrio	2.4	32	10	42,522
Total	55.6	738	432	2,028,101

Tabla 5. *Estimado de impacto ambiental total asociado al consumo actual de energía, agua y generación de desperdicios sólidos para el Centro para el Desarrollo Humano del parque científico INTENOR*

Categoría Ambiental	Huella Ecológica (ha/año)	Emisiones de Carbono (Kg CO <sub>2</sub> /año)
Energía	203	952,342
Agua	19	91,787
Desperdicios Sólidos	432	2,028,101
Total	654	3,072,230

Tabla 6. Descripción de estrategias generales para la Sostenibilidad Ambiental del Parque Científico INTENOR.

Categoría: Eficiencia en el consumo de energía		
Sub-categoría	Meta	Estrategias
Optimizar el uso de energía	Establecer sistemas de control y tecnologías para reducir el uso de energía innecesario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar sensores de movimiento en los cuartos para que cuando el cuarto este desocupado, apague las luces. Ejemplo: Sensor de ocupación de techo o pared de la compañía Wattstopper.</li> <li>- Instalar un sistema de control que automáticamente apague las luces del edificio en ciertos períodos de tiempo en los cuales se espera que no haya uso del espacio (por ejemplo, noches y fines de semana). Ejemplo: <i>Time scheduling wall switch</i> de la compañía Wattstopper.</li> <li>- Instalar sistemas de luz natural en espacios que no necesiten una intensidad de luz alta. Por ejemplo, baños, pasillos, etc. Con esto se reduciría el uso de luz artificial durante el día.</li> </ul>
Control de Temperatura y ventilación en espacios internos de los edificios.	Reducir la temperatura en el interior del edificio para promover la productividad y comodidad de sus ocupantes y reducir así la demanda de aire acondicionado para el enfriamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usar una capa reflectora en el techo de los edificios.</li> <li>- Instalar ventanas de baja emisión y tecnología <i>glazing</i> o satinado. (<i>Energy Star</i>) para reducir el calor transmitido hacia dentro de los edificios.</li> <li>- Diseñar espacios de ventilación natural aplicando principios de arquitectura bioclimática.</li> </ul>
Energía Renovable	Reducir el consumo de energía producida con fuentes no renovables.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar tecnologías de producción de energía renovable, tales como, molinos de viento y paneles de celdas fotovoltaicas. En conjunto, se debe instalar un sistema de baterías para almacenar la energía no utilizada durante el día y hacerla disponible para el uso de la misma durante la noche o períodos de poco viento y poca irradiación solar.</li> </ul>

Continuación

Tabla 6. Descripción de estrategias generales para la Sostenibilidad Ambiental del Parque Científico INTENOR.

Categoría: Eficiencia en el consumo del agua		
Sub-categoría	Meta	Estrategias
Reducción en el uso de agua.	Aumentar la eficiencia en el uso de agua en los edificios reduciendo la cantidad de agua potable utilizada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar accesorios de plomería de alta eficiencia, tales como: arreadores para grifos, grifos con sensores de activación, inodoros de composta que no utilizan agua o inodoros de doble descarga (<i>dual flush</i>, como se conoce en inglés) que tienen dos botones, para los desperdicios líquidos usan un botón con la mitad del agua que cuando aprietas el otro botón o inodoros de bajo consumo de agua (0.8 galones por descarga, por ejemplo: <i>Stealth</i> del sistema Niagara), uriniales que no utilizan agua.</li> <li>- Instalar un sistema de recogido de agua de lluvia y agua de condensado de equipos de aire acondicionado para utilizarla para la descarga de inodoros y riego de jardines. Por ejemplo, <i>Rainstore</i><sup>2</sup> del fabricante <i>InvisibleStructure, Inc.</i>, distribuidor en Puerto Rico: Sani Plant.</li> </ul>
Eficiencia de uso de agua para el riego de jardines	Eliminar el uso de agua potable para el riego de jardines.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sembrar plantas nativas o plantas adaptadas que requieran poco riego de agua. Por ejemplo, aplicar los principios de paisajismo xerófito o árido (<i>xeriscaping landscaping</i>, como se conoce en inglés). Por ejemplo: Bromelia, melocactus (<i>Melocactus intortus</i>), cactus de cuatro lados (<i>Leptocerusquadricostatus</i>)</li> <li>- Utilizar tecnologías de riego para determinar cuándo realmente es necesario regar. Por ejemplo: Medidor de humedad y temperatura del suelo de la compañía <i>IRROMETER</i>.</li> </ul>
Tecnologías innovadoras de tratamiento de aguas usadas.	Reducir la generación de aguas usadas mientras se aumenta la recarga del acuífero local.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crear canales que dirijan el agua de escorrentía a las áreas verdes del parque para promover la infiltración del agua a través del terreno con el propósito de aumentar la recarga del acuífero local.</li> <li>- Enviar las aguas usadas a la planta de tratamiento terciaria de la industria adyacente, Abbott, y descargar el agua ya tratada recibida de la planta en los canales de agua de escorrentía para promover recarga al acuífero.</li> </ul>

Continuación

Tabla 6. Descripción de estrategias generales para la Sostenibilidad Ambiental del Parque Científico INTENOR.

Categoría: Eficiencia en el consumo de materiales		
Sub-categoría	Meta	Estrategias
Política de compra sostenible	Reducir el impacto ambiental de los materiales adquiridos para la operación, mantenimiento y mejoras de los edificios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer un procedimiento de compra que permita evaluar los proveedores de materiales y permita identificar alternativas eco-amigables. Este procedimiento establecerá preferencia hacia los proveedores con artículos o prácticas eco-amigables siempre y cuando sean económicamente viables.</li> <li>- Este procedimiento se puede implementar mediante la aprobación de proveedores en base al cumplimiento de cierto número de requisitos sostenibles. Los requisitos se pueden establecer en un cuestionario que los proveedores deben estar dispuestos a completar. Esta práctica emularía procedimientos usuales en la cadena de suministro de la industria farmacéutica y biotecnológica. Dentro de los requisitos a evaluarse mediante el cuestionario se pueden mencionar:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contener un mínimo de 50% de los materiales procesados dentro de 500 millas del proyecto.</li> <li>- Contener un mínimo de 50% de materiales que se renuevan rápidamente.</li> <li>- Contener un mínimo de 50% de productos de papel y madera certificados por el <i>Forest Stewardship Council (FSC)</i>, por sus siglas en inglés)</li> <li>- Manufactura que practique principios de eco-eficiencia.</li> <li>- Baterías recargables.</li> <li>- Cartuchos de tinta reusables (que se puedan rellenar)</li> <li>- Productos certificados</li> <li>- Pinturas que sus emisiones de VOC y componentes químicos no excedan los requerimientos del estándar GS-11 <i>Green Seal's Standard</i>.</li> </ul> </li> <li>- Comprar un mínimo de 25% de la comida y bebida que estén certificados como <i>USDA organic</i>. Comprar productos que estén dentro de un radio de 100 millas del parque.</li> </ul>

Continuación

Tabla 6. Descripción de estrategias generales para la Sostenibilidad Ambiental del Parque Científico INTENOR.

Categoría: Eficiencia en el consumo de materiales (Continuación)		
Sub-categoría	Meta	Estrategias
Política de Manejo de Desperdicios Sólidos	Reducir la cantidad de desperdicios de materiales consumibles enviados a vertederos o facilidades de incineración mediante reciclaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer un programa de reciclaje de desperdicios de materiales de uso frecuente y recurrente (consumibles) en la institución, tales como, papel, baterías, cartuchos de tinta, aluminio, plásticos, cartón, paletas de madera, redcillas para laboratorios de cuartos limpios, cubre zapatos para laboratorios de cuartos limpios, entre otros.</li> <li>- Adiestrar a las personas que operan y estudian en el parque acerca de cómo disponer de los desperdicios correctamente, haciendo uso de los contenedores específicos de cada material.</li> <li>- Ubicar contenedores para cada tipo de material cerca de los puntos de uso y en las áreas comunes. Por ejemplo, ubicar contenedores para aluminio cerca de la máquina de vender refrescos; ubicar contenedores para redcillas a la salida de los laboratorios en donde esta vestimenta es requerida, etc.</li> <li>- Proveer agua potable filtrada en los edificios para minimizar el desperdicio de plástico relacionado a las aguas embotelladas. Regalar botellas reusables de agua para acostumar a las personas a hacer rellenado de sus botellas en las estaciones de agua filtrada.</li> </ul>
Manejo de Residuos de Construcción	Para evitar disponer en vertederos o facilidades de incineración los residuos de construcción y demolición.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar materiales de construcción que se puedan reusar o reciclar. Por ejemplo, parte de INTENOR se está construyendo sobre un área ya construida (antiguas instalaciones de la RCA). Por lo que, material de concreto, pavimento, etc. que se vaya a demoler se puede moler y reusarlo como material de relleno para la construcción de los edificios nuevos.</li> </ul>



Tabla 7. Descripción de estrategias modeladas para la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.

Categoría	Sub-categoría	Meta	Estrategias
Eficiencia en el consumo de energía	Energía Renovable	Reducir el 10% en el consumo de energía eléctrica mediante la utilización de fuentes de energía renovables.	Instalar un sistema de placas fotovoltaicas para la producción de energía solar. En conjunto, se debe instalar un sistema de baterías para almacenar la energía no utilizada durante el día y hacerla disponible para el uso de la misma durante la noche o períodos de poca irradiación solar.
Eficiencia en el consumo de agua	Eficiencia de uso de agua para el riego de jardines.	Reducir el 20% del consumo de agua por riego de jardines en áreas de estacionamiento.	Instalar dos sensores de humedad del suelo, IRROMETER, por sección de estacionamientos (uno de profundidad corta y otro de profundidad intermedia). Actualmente existen 13 secciones para el Centro para el Desarrollo Humano del parque. Ver Figura 2.
	Reducción en el uso de agua.	Reducir el 50% en el consumo de agua mediante la utilización de equipo de baño (inodoros) de alta eficiencia.	Instalar inodoros, <i>Stealth</i> del sistema Niagara, que consumen 0.8 galones por descarga.
Eficiencia en el consumo de materiales	Política de Manejo de Desperdicios Sólidos	Reciclar el 35% de los desperdicios generados (papel y cartón, plástico, vidrio y aluminio)	Ubicar contenedores para cada tipo de material cerca de los puntos de uso y en las áreas comunes. Específicamente, ubicar contenedores para papel y cartón, vidrio y plástico en los laboratorios; ubicar contenedores para papel y cartón en los salones de conferencia, laboratorio de computadoras y en cada uno de los pisos de oficinas administrativas; ubicar zafacones para papel y cartón, vidrio, plástico, aluminio y comida; ubicar zafacones para plástico y aluminio.
	Política de compra sostenible	Establecer política de compra de papel 100% reciclado certificado por la <i>FSC</i> ( <i>Forest Stewardship Council</i> ) para el 100% del papel utilizado en el parque.	Comprar el 100% del papel blanco 8.5 x 11 pulgadas que sea 100% reciclado y certificado por la <i>FSC</i> .

Tabla 8. Resultados de análisis de costo-beneficio para la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.

Estrategia	Descripción Costo	Costo (\$/año)	Descripción Beneficio	Beneficio (\$/año)	Recobro de Inversión (Años / Ganancia (\$))	Razón Beneficio/ Costo
1. Reducir el 10% en el consumo de energía eléctrica mediante la utilización de fuentes de energía renovables.	Costo del equipo e instalación (módulos o paneles, inversores y baterías).	304,149	Cantidad de dinero no pago a AEE por energía ahorrada al implantar la estrategia.	23,999	21 / 154,809	0.51
2. Reducir el 20% del consumo de agua por riego de jardines en áreas de estacionamiento.	Costo de equipo: sensores de humedad del suelo IRROMETER.	3,963	Cantidad de dinero no pago a AAA por agua ahorrada al implantar la estrategia.	9,791	2 / 9,229	2.33
3. Reducir el 50% en el consumo de agua mediante la utilización de equipo de baño (inodoros) de alta eficiencia.	Costo de equipo: Inodoros de alta eficiencia <i>Stealth</i> 0.8 galones por descarga.	4,620	Cantidad de dinero no pago a AAA por agua ahorrada al implantar la estrategia.	12,664	2 / 11,937	2.58
4. Reciclar el 35% de los desperdicios generados (papel y cartón, plástico, vidrio y aluminio)	Costo de contenedores para separar los desperdicios sólidos.	5,880	Cantidad de dinero recibida por entrega del material a industrias de reciclaje.	117,380	1 / 117,380	19.96
5. Establecer política de compra de papel 100% reciclado certificado por la FSC para el 100% del papel utilizado.	Costo adicional por la compra del papel 100% reciclado y certificado por la FSC.	26,898	No hay beneficio económico.	-26,898	N/A -26,115	N/A

Tabla 9. Resultados de análisis de impacto ambiental para la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.

Estrategia	Reducción en consumo	Reducción en huella ecológica (ha)	Reducción en emisiones de bióxido de carbono (Kg CO <sub>2</sub> )	Porcentaje de reducción en consumo o generación (%)
1. Reducir el 10% en el consumo de energía eléctrica mediante la utilización de fuentes de energía renovables.	108,151 KWH	20	95,234	10
2. Reducir el 20% del consumo de agua por riego de jardines en áreas de estacionamiento.	5,102 m <sup>3</sup>	4	18,344	20
3. Reducir el 50% en el consumo de agua mediante la utilización de equipo de baño (inodoros) de alta eficiencia.	12,664 m <sup>3</sup>	10	45,533	50
4. Reciclar el 35% de los desperdicios generados (papel y cartón, plástico, vidrio y aluminio)	198 ton	97	459,398	35
5. Establecer política de compra de papel 100% reciclado certificado por la FSC para el 100% del papel blanco 8.5 x 11 pulgadas utilizado.	179 ton* de papel blanco 8.5 x 11 pulgadas no reciclado	38	179,315	100
<b>Total</b>	<b>N/A</b>	<b>182</b>	<b>861,702</b>	<b>N/A</b>

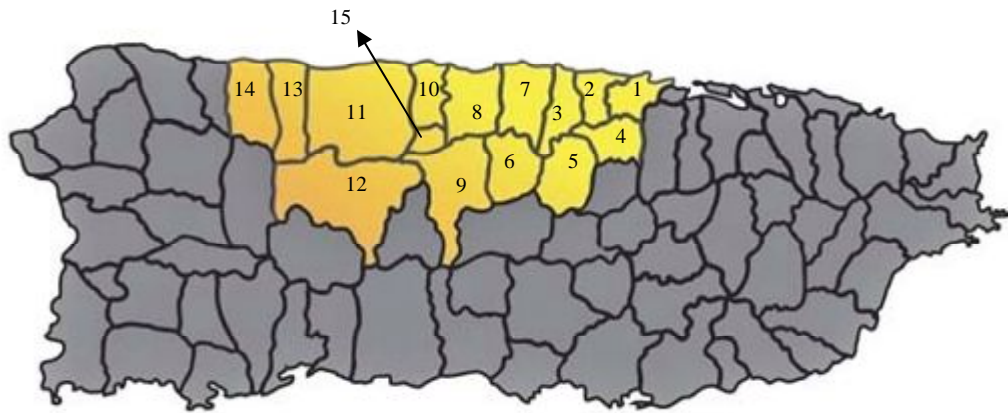
\* Este valor es estimado, ver Apéndice 1 para detalles.

Tabla 10. *Análisis global del efecto económico y ambiental que tendría la primera fase de desarrollo sostenible del Parque Científico INTENOR.*

Inversión inicial en el año 0 (\$)	Beneficio económico acumulativo en el año 3* (\$)	Reducción total en huella ecológica en el año 0 y subsiguientes (ha)	Reducción total en emisiones de bióxido de carbono en el año 0 y subsiguientes (Kg CO <sub>2</sub> )	Porcentaje de reducción en impacto ambiental en año 0 y subsiguientes (%)	Calificación eficiencia energética para edificios
345,510	73,977	182	861,702	28	0.72 = C

\*Ganancia económica en el tercer año de haber implantado el conjunto de las 5 estrategias. Esto considera la asimilación del costo de la estrategia de energía y el gasto constante de la estrategia de compra de papel reciclado. Ver Apéndices 1 y 2 para detalles.

## **FIGURAS**



Leyenda:

- |             |              |              |             |                 |
|-------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|
| 1- Toa Baja | 2- Dorado    | 3- Vega Alta | 4- Toa Alta | 5- Corozal      |
| 6- Morovis  | 7- Vega Baja | 8- Manatí    | 9- Ciales   | 10- Barceloneta |
| 11- Arecibo | 12- Utuado   | 13- Hatillo  | 14- Camuy   | 15- Florida     |

(INTENOR, 2009)

*Figura 1.* Mapa Iniciativa Tecnológica del Norte (INTENOR).

# INTENOR Scientific Park at Barceloneta - Master Plan Proposed Site Plan

Rivera & Alejandro  
architects - engineers  
0643



### Legend

- 1 Main Entrance
- 2 Park Icon / Landmark (sculpture on water fountain)
- 3 Visitor Center -two levels-38,400sf
- 4 Visitor Center parking-32 spaces
- 5 Interpretive Center-two levels-46,500sf
- 6 Interpretive Center parking-98 spaces
- 7 New Office building-one level-21,500sf
- 8 New Office building parking-57 spaces
- 9 Fast Food Restaurant's-one level-2,600sf
- 10 Gourmet Restaurant- one level-5,500sf

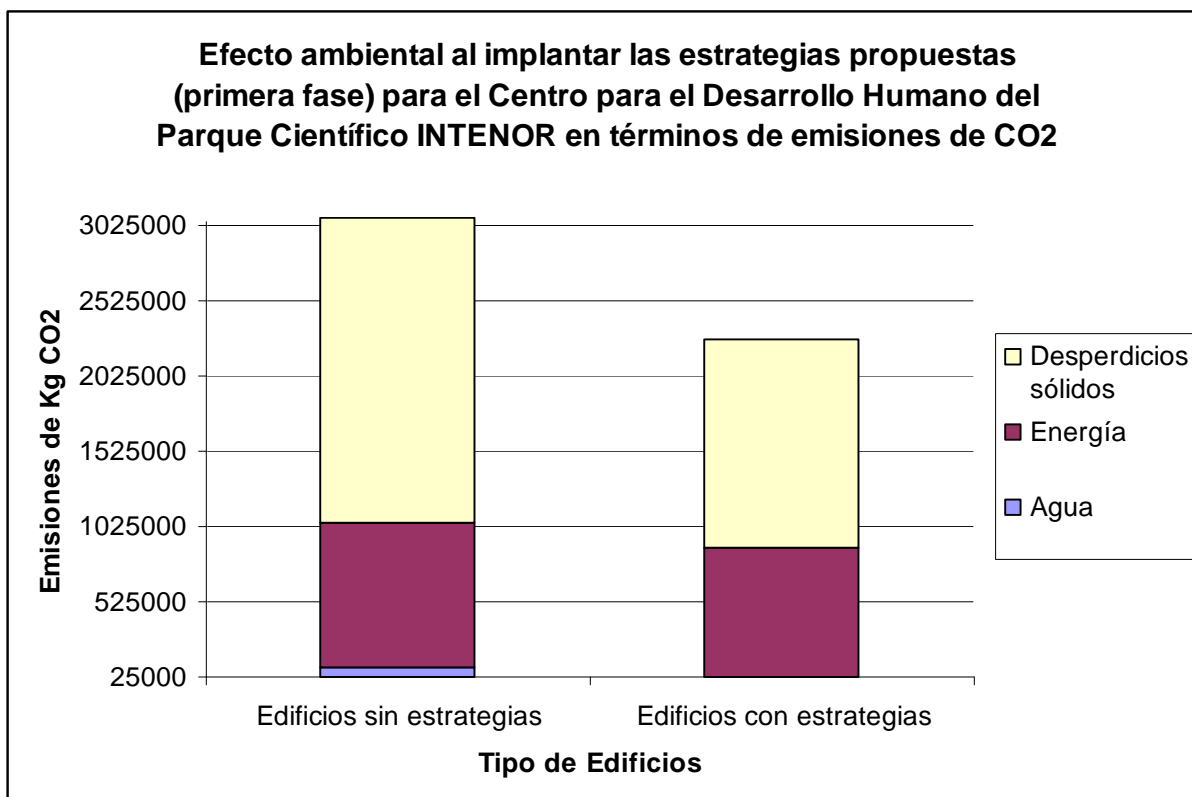
- 11 Fast Food & Gourmet Rest. parking-155 spaces
- 12 Shopping Center (retail) two levels-86,500sf
- 12A Shopping Center service
- 13 Shopping Center parking-220 spaces
- 14 Center of Excellence in Advance Technologies (CETA) one level-35,000sf
- 15 CETA parking-120 spaces
- 16 Center & Business Incubator-one level-33,500sf
- 17 Incubator's parking-142 spaces
- 18 Universidad del Este-Regional campus one level-42,000sf
- 19 Universidad del Este parking-256 spaces

- 20 Concentrating Energy Generation Plant
- 21 Modified Retention Ponds
- 22 New Retention Pond
- 23 Center for Research PHASE 2
- 23A (CREDIS)parking-124 spaces
- 24 Advance Technologies Modular Research Laboratories-12 Modules-two levels-84,000sf
- 25 Cafeteria-one level-2,400sf
- 26 Lookout
- 27 Water Resource Research Center

- 28 Animal Research Facility-one level-3,000sf
- 29 Communication Tower
- 30 Biodinamic Agriculture & Research Center
- 31 Hydroponics
- 32 Wind Power Turbines
- 33 Supporting Facilities
- 34 Haystack Hill "Mogote" Biodinamic Research & Soil Erosion
- 35 Secondary Entrance with security components
- 36 "Hope" Road (Primary Vehicular Road)
- 37 CREDIS PHASE 1

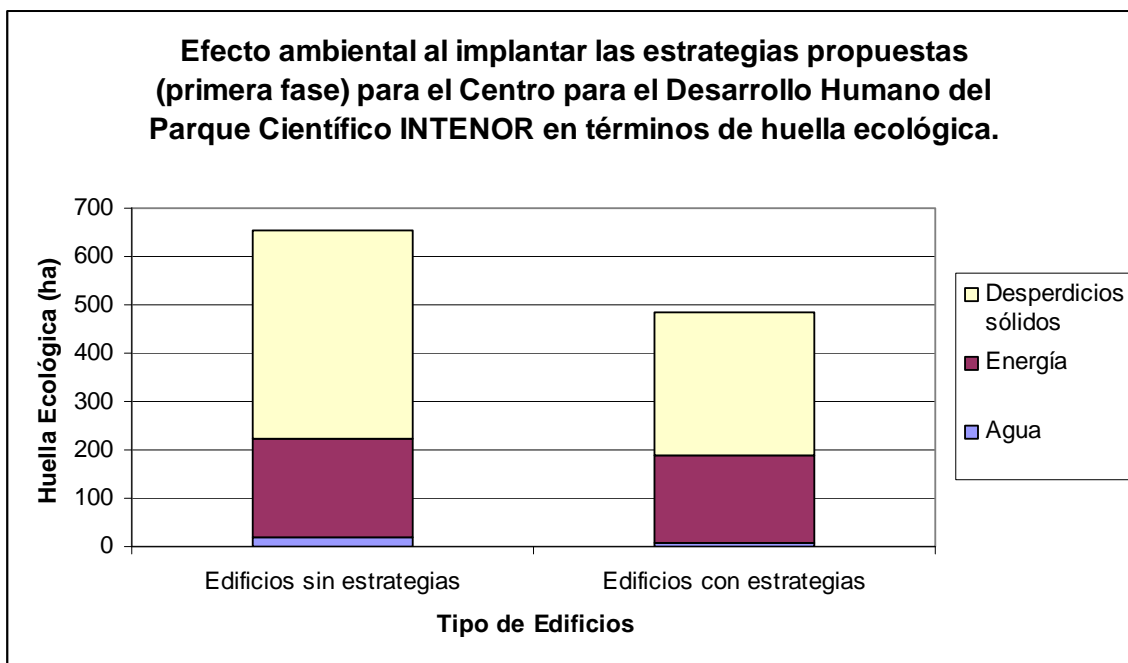


Figura 2. Esquema plan propuesto para el parque científico INTENOR. (INTENOR, 2009).

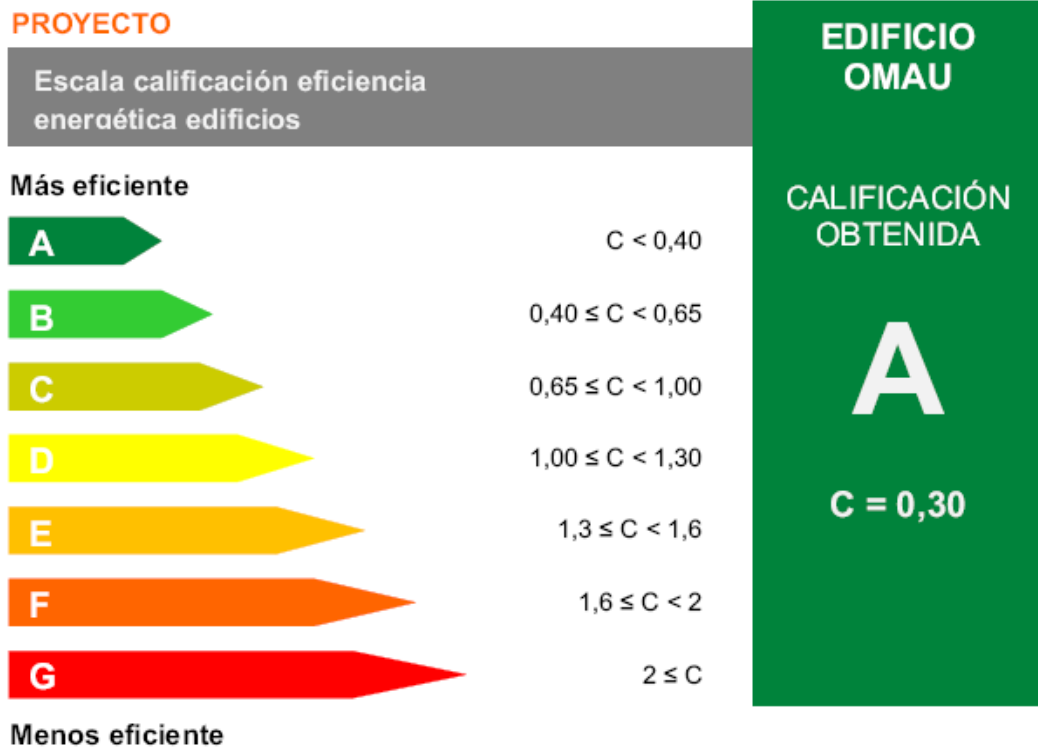


*Figura 3.* Efecto ambiental al implantar las estrategias propuestas (primera fase) para el Centro para el Desarrollo Humano del Parque Científico INTENOR en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>.





*Figura 4.* Efecto ambiental al implantar las estrategias propuestas (primera fase) para el Centro para el Desarrollo Humano del Parque Científico INTENOR en términos de huella ecológica.



donde  $C = \frac{\text{Emisiones CO}_2 \text{ de edificio sin estrategias} - \text{Emisiones CO}_2 \text{ de edificio con estrategias}}{\text{Emisiones CO}_2 \text{ de edificio sin estrategias}}$

Figura 5. Calificación en eficiencia energética de edificios. (MConsultores Outsourcing, S.L.N.E, 2008)

## **APÉNDICES**

Apéndice 1. Ejemplo de cálculos para determinar consumo actual de energía y agua y generación de desperdicios del parque científico INTENOR y el impacto ambiental asociado.

Ejemplo de cálculo para determinar el promedio anual de consumo de energía

(KWH/año), Tabla 1:

Dato: Miranda (2008) establece que el precio promedio de electricidad de Puerto Rico para los años 2007 – 2008 equivale a 22.19 ¢ por KWH.

Para el año 2009, el pago promedio mensual a la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) de Puerto Rico del edificio CETA fue \$16,666. (F. Candelaria, presidente ejecutivo de INTENOR, com.pers., 5 de febrero de 2009).

$$\frac{\$16,666}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \times \frac{\text{KWH}}{22.19\text{¢}} \times \frac{100\text{¢}}{\$1} = 901,271 \text{ KWH/año}$$

Ejemplo de cálculo para emisiones de carbono (Kg CO<sub>2</sub>) y huella ecológica asociadas a consumo de energía, Tabla 1:

Datos: Doménech & González (2008) establecen que el factor de emisión para derivados líquidos del petróleo equivale a 20 tC/Tj, que el factor de absorción estimada por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) equivale a 1.42 tC/ha/ año, que a su vez equivale a 5.21 tCO<sub>2</sub>/ha/año.

MConsultores Outsourcing, S.L.N.E (2008) y Doménech (2004) establecen que el factor de conversión de KWH a Gj para energía producida de combustibles líquidos o intensidad energética es 1 KWH = 0.0120 Gj.

De acuerdo al esquema del parque INTENOR el área que ocupa el Centro para el Desarrollo Humano del parque es igual a 77,000 pies<sup>2</sup> que es igual a 0.007 Km<sup>2</sup>.

Para realizar estos cálculos usamos como ejemplo la metodología presentada por J.L. Doménech (2004) y N. López (2008).

Emisiones de carbono

$$\frac{901,271 \text{ KWH}}{\text{año}} \times \frac{0.0120 \text{ Gj}}{1 \text{ KWH}} \times \frac{20 \text{ tC}}{\text{Tj}} \times \frac{\text{ha/año}}{1.42 \text{ tC}} \times \frac{5.21 \text{ tCO}_2}{\text{ha/año}} \times$$

$$\frac{1 \text{ Tj}}{10^3 \text{ Gj}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{0.0011 \text{ ton}} = 793,626 \text{ Kg CO}_2/\text{año}$$

Huella ecológica

$$\left( \frac{793,626 \text{ Kg CO}_2}{\text{año}} \times \frac{0.0011 \text{ ton}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{\text{ha/año}}{5.21 \text{ ton CO}_2} \right) + \left( 0.007 \text{ Km}^2 \times \frac{100 \text{ ha}}{1 \text{ Km}^2} \right) = 168 \text{ ha/año}$$

Ejemplo de cálculo para determinar el promedio anual de consumo de agua (m<sup>3</sup>/año),

Tabla 2:

Dato: La tarifa de cobro de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) de Puerto Rico para agua de pozo industrial es de \$ 7.27 por cada 1,000 galones de agua. (J. Hernández, ingeniero de la compañía E<sup>2</sup>SCO (*Energy & Environmental Consulting Services Corporation*), com.pers., 10 de febrero de 2010)

Para el año 2009, el pago promedio mensual a la AAA del edificio CETA fue \$3,333. (F. Candelaria, presidente ejecutivo de INTENOR, com.pers., 5 de febrero de 2009).

$$\frac{\$3,333}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \times \frac{1,000 \text{ galones}}{\$ 7.27} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1,000 \text{ galones}} = 20,839 \text{ m}^3/\text{año}$$

Ejemplo de cálculo para emisiones de carbono (Kg CO<sub>2</sub>) y huella ecológica asociadas a consumo de agua, Tabla 2:

Datos: J.L. Doménech (2004) establece que el factor de productividad natural para el agua es igual a 1,500 m<sup>3</sup>/ha/año y el factor de equivalencia de bosques es 1.138688. En este caso usamos el bosque como el productor del agua.

Doménech & González (2008) establecen que el factor de absorción estimada por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) equivale a 1.42 tC/ha/año, que a su vez equivale a 5.21 tCO<sub>2</sub>/ha/año.

Para realizar estos cálculos usamos como ejemplo la metodología presentada por J.L. Doménech (2004) y N. López (2008).

Huella ecológica

$$20,839 \text{ m}^3 \times \frac{\text{ha/año}}{1,500 \text{ m}^3} \times 1.138688 = 16 \text{ ha/año}$$

Emisiones de carbono

$$\frac{19 \text{ ha}}{\text{año}} \times \frac{5.21 \text{ tCO}_2}{\text{ha/año}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{0.0011 \text{ ton}} = 74,927 \text{ Kg CO}_2/\text{año}$$

Ejemplo de cálculo para determinar promedio anual de generación de desperdicios sólidos (ton/año), Tabla 3:

Datos: Para el año 2009, en el edificio CETA operaron 282 personas y en el edificio UNE operaron 1,579 personas. (F. Candelaria, presidente ejecutivo de INTENOR, com.pers., 5 de febrero de 2009).

$$\frac{3.91 \text{ lb}}{\text{día} \cdot \text{persona}} \times 282 \text{ personas} \times \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \times \frac{0.0005 \text{ ton}}{1 \text{ lb}} = 201 \text{ ton/año}$$

Ejemplo de cálculo para determinar promedio anual de generación de desperdicios sólidos caracterizados (ton/año), Tabla 4:

Datos: De acuerdo al estudio de caracterización de desperdicios de Puerto Rico de la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS), la cantidad promedio de desperdicios generados diariamente en Puerto Rico es 3.91 libras por persona. Además, del total de desperdicios generados el 19.3% es papel y cartón, el 10.5% es plástico, el 10.5% es aluminio, el 2.4% es vidrio y el 12.9% es material orgánico. (ADS, 2003)

$$\frac{1,328 \text{ ton totales (Resultado de Tabla 3)}}{\text{año}} \times 19.3\% = 256 \text{ ton/año de papel y cartón}$$

Ejemplo de cálculo para emisiones de carbono (Kg CO<sub>2</sub>) y huella ecológica asociadas a la generación de desperdicios sólidos, Tabla 4:

Datos: Doménech (2004) establece que el factor de productividad energética para combustibles fósiles líquidos es 71 GJ/ha/año 20 tC/Tj, que el factor de productividad energética para papel y cartón es 30 GJ/ton, que el factor de productividad energética para plástico es 43.75 GJ/ton, que el factor de productividad energética para aluminio es 90 GJ/ton, que el factor de productividad energética para vidrio y orgánico es 20 GJ/ton. Doménech & González (2008) establecen que el factor de absorción estimada por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) equivale a 5.21 tCO<sub>2</sub>/ha/año. Para realizar estos cálculos usamos como ejemplo la metodología presentada por J.L. Doménech (2004) y N. López (2008).

Emisiones de carbono

$$\frac{256 \text{ ton}}{\text{año}} \times \frac{30 \text{ GJ}}{\text{ton}} \times \frac{5.21 \text{ tCO}_2}{\text{ha/año}} \times \frac{\text{ha/año}}{71 \text{ GJ}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{0.0011 \text{ ton}} = 512,922 \text{ Kg CO}_2/\text{año}$$

Huella ecológica

$$\left( \frac{512,922 \text{ Kg CO}_2}{\text{año}} \times \frac{0.0011 \text{ ton}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{\text{ha/año}}{5.21 \text{ ton CO}_2} \right) + \left( 0.007 \text{ Km}^2 \times \frac{100 \text{ ha}}{1 \text{ Km}^2} \right) = 109 \text{ ha/año}$$



Apéndice 2. Ejemplo de cálculos para estimados (modelos) relacionados con las estrategias.

Ejemplo: Estrategias de ahorro de agua:

Consumo de agua relacionado al riego de jardines ubicados en el área de estacionamiento:

Tomando como referencia compañías que se dedican a diseñar sistemas de riego ([www.irritationtutorials.com](http://www.irritationtutorials.com), [www.orbitonline.com](http://www.orbitonline.com), [www.rainbird.com](http://www.rainbird.com)), típicamente se coloca un roceador por árbol, cada roceador genera un flujo de 2gpm (basado en roceadores de bajo consumo) y se recomienda un período de riego de más 15 minutos para áreas planas.

Tomando como referencia la ley para revitalización de los centros urbanos ([www.gobierno.pr/212/](http://www.gobierno.pr/212/)) se brinda una deducción a los estacionamientos que se desarrollan sembrando un árbol por cada 2 espacios de estacionamiento.

De acuerdo al esquema del parque científico presentado en la página web [www.intenor.org](http://www.intenor.org), se proyectan 518 espacios de estacionamientos para los edificios que ya están construidos: CETA, UNE e Incubadora de Negocios. Esto es igual a 259 árboles.

Con esta información se puede estimar que si se sembraran 2 árboles por cada estacionamiento y se llevara a cabo su riego por 20 minutos diarios los 5 días laborales de la semana = 260 días por año, resultaría en un consumo de

$$\frac{2\text{gals}}{\text{min}} \times \frac{259 \text{ árboles}}{\text{día}} \times \frac{20 \text{ minutos de riego}}{\text{día}} \times \frac{1\text{m}^3}{264\text{gals}} = 39\text{m}^3 / \text{día por los 259 árboles.}$$

Asumiendo que el riego se hace los 5 días laborales de la semana = 260 días al año, esto resulta en un consumo anual de  $\frac{39\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{260 \text{ días}}{\text{año}} = 10,203\text{m}^3 \times \text{año}$

Lo cual equivale a un costo de  $\frac{10,203 \text{ m}^3}{\text{año}} \times \frac{\$1.92}{\text{m}^3} = \$ 19,582 \times \text{año}$  donde \$1.92 es la tarifa de Agua Industrial de AAA

(Referencias: [www.canariasagrariaypesquera.com](http://www.canariasagrariaypesquera.com) De acuerdo al instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) de Gobierno de Canarias, el trabajo Nuevas tecnologías para riego sostenible en platanera (Ritter, Machin &Regulado Canarias Agraria y Pesquera 88: 50-51. (Revista número 88 es del nov- feb: 2009- 2010) El utilizar sensores para el control de riego según el estado híbrido del suelo, el consumo de agua se redujo en un 50% aproximadamente.

Al aplicar este % de reducción, resulta que utilizar un sistema de sensores del estado hídrico del suelo tendríamos un consumo anual de  $10,203\text{m}^3 \times \text{año} * 0.5 = 5,102 \text{ m}^3 \times \text{año}$  y \$ 9,791 x año.

De acuerdo a compañía que venden este tipo de tecnologías ([www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)) los tensiómetros IRROMETER (recomendados por los estudios de la Universidad de Florida [www.buildgreen.ufl.edu](http://www.buildgreen.ufl.edu)) dos sensores (uno de profundidad corta 30cm y otra profundidad de intermedia 60 cm) cuestan un total  $\$141.55 + \$163.33 = \$ 305$  aproximadamente ambos. Se recomienda utilizar 2 sensores por estación a diferentes profundidades.

Al observar el esquema del porque, podemos observar que hay 13 posibles estaciones para colocar los sensores (estaciones = cada línea de estacionamientos):

$$\frac{\$ 305}{\text{Estación}} \times 13 \text{ estaciones} = \$ 3,963 \text{ sensores}$$

Consumo de agua por uso de los baños:

Referencia UPC data de [www.leeduser.com](http://www.leeduser.com). De acuerdo al Uniform Plumbing Code (UPC) de 2006 requieren que los equipos de plomería tengan un consumo por uso. En el caso de los inodoros es de 1.6 galones por descarga (esto aplica a los equipos manufacturados e instalados después del año 1994). Por lo que asumimos que los inodoros instalados actualmente en los edificios CETA y UNE tienen de este tipo de inodoros.

De acuerdo a un estudio por la agencia gubernamental “South Florida Water Managment District” ( [Sfwmd.gov](http://Sfwmd.gov)) en tres edificios de oficinas y 50 personas (25 hombres + 25 mujeres) el utilizar equipos de baño de alta eficiencia produjo ahorros entre 196 y 426 galones por día en una base de 260 días laborables. Los datos de este estudio se utilizaron para estudiar el consumo de agua por persona en los edificios CETA y UNE.

De acuerdo a este estudio en un día, las 50 personas consumieron 360 galones (usando equipos manufacturados e instalados después de 1994). Asumiendo que el porcentaje mayor de ese consumo es por el uso de los inodoros, se puede decir que las 50 personas generaron 225 descargas en un día:  $\frac{360 \text{ gal}}{\text{día}} \times \frac{\text{descarga}}{1.6 \text{ gal}} = 225 \text{ descarga}$

Descargas por persona al día:

$$\frac{225 \text{ descarga}}{\text{día}} \div 50 \text{ personas} = 4.5 \text{ descarga} / \text{día} \times \text{persona}$$

Asumiendo que cada persona hace descargas del inodoro en un promedio de 4.5 veces al día, entonces, cada persona consume 7.2 galones al día.

$$\frac{1.6 \text{ gals}}{\text{descarga}} \times \frac{4.5 \text{ descarga}}{\text{día x persona}} = 7.2 \text{ gals} / \text{día x persona}$$

En el parque operan 1,861 personas

$$\frac{7.2 \text{ gals}}{\text{día x persona}} \times 1,861 \text{ personas} = 13,399 \text{ gals} / \text{día consumo edificios CETA y UNE}$$

$$\frac{13,399 \text{ gals}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{264 \text{ gals}} = \frac{50.75 \text{ m}^3}{\text{día}} \times \frac{\$1.92}{\text{m}^3} = \$ 97.41 \text{ al día}$$

Asumiendo 260 días laborales como el estudio del Sfwmd, al año en el porqué se consumen los siguientes valores al utilizar equipos de baño instalados y manufacturados desde 1994 en adelante.

$$\frac{50.75 \text{ m}^3}{\text{día}} \times 260 \text{ días} = 13,196 \text{ m}^3 / \text{año}$$

$$\frac{\$97.41}{\text{día}} \times 260 \text{ días} = \$ 25,327 / \text{año}$$

Al hacer el mismo calculo para equipos de alta deficiencia como lo es el inodoro

“Stealth” del sistema Niágara, el cual consume 0.8 galones por descarga, obtenemos que si el parque utilizara estos equipos el consumo se reduciría a  $6,598 \text{ m}^3 / \text{año} = \$ 12,664 / \text{año}$ . El costo de este equipo es de \$ 308 aproximadamente (Referencia:

[www.itseasybeinggreen.com](http://www.itseasybeinggreen.com))

Tomando como ejemplo el diseño del edificio CREDIS que va a construir en el parque, este incluye 5 inodoros en cada piso, (3inodoros de damas y 2 inodoros de hombres). Al

aplicar esto a cada edificio del Centro de Desarrollo Humano, los cuales son de un nivel, podemos asumir que hay aproximadamente 15 inodoros.

$$\text{Costo del equipo} = \frac{\$ 308}{\text{Inodoro}} \times 15 \text{ inodoros} = \$ 4,620$$

Ejemplo de Cálculo Costo Beneficio Económico por Estrategia:

Estrategia sensores de humedad del suelo

Costo descripción = \$3,963

Beneficio Descripción = cantidad de agua ahorrada al implantar la estrategia sostenible (hacer riego en base a necesidad de humedad del terreno que se mide con los sensores).

Riego sin uso de sensores se estima un costo de \$ 19, 582 que se paga por cantidad de agua consumida.

Riego con uso de sensores se estima un costo de \$ 9,791 que se pagaría por cantidad de agua consumida.

Inversión (Costo) año 0 = -3963      Pago anual utilizando los sensores = \$9, 791

Ganancia para año 1 = \$ 9,791

Ganancia para año 2 = (\$ 9,791 x 2) = \$ 19,582

Asumiendo que ahorro o acumulo la ganancia del año anterior.

Aplicar fórmula de Costo-beneficio:

PV= Sumatoria (t = t<sub>0</sub> a T) R<sub>t</sub> x d<sub>t</sub>

o

$$PV = \sum_{t=t_0}^T \frac{R_t}{1+r^t}$$

(Referencia: NOAA)

Donde PV= valor presente de la ganancia o pérdida.

t= período de tiempo (en este caso utilizamos 10 año, como lo hace la aplicación la NOAA.

t<sub>i</sub> = es el año de instalación del proyecto.

R<sub>t</sub> = ganancia o perdida realizada en el periodo de tiempo.

d<sub>t</sub>= es el peso usado para convertir las ganancias o pérdidas realizadas en distintos periodos sean comparados.

d<sub>t</sub>= (1+r)<sup>t<sub>0</sub>-t</sup> , donde r = tasa de descuento ( en este caso 3% que es la que típicamente usan los bancos de Puerto Rico) y t<sub>0</sub> = es el año en que estamos reclamando la ganancia o perdida( en este caso 2010)

Esto resulta en

$$\text{Valor presente neto para el año 1} = \frac{(\$9791 - \$9791)}{1.03^1} = 0$$

$$\text{Valor presente neto para el año 2} = \frac{(\$19,582 - \$9791)}{1.03^2} = \$9223$$

Al sumar la inversión del año = - \$3963 más el valor presente neto de los años 1 y 2 = 0 + \$9223. Esto es igual a un valor positivo para el año 2, lo cual significa que para ese año ya se recobra la inversión.

Ejemplo: Estrategias de ahorro de agua:

Consumo de agua relacionado al uso de inodoros Post-1994:

De acuerdo al *Uniform Plumbing Code (UPC)* de 2006 se requiere que los equipos de plomería tengan un consumo por uso específico. En el caso de los inodoros el consumo requerido es de 1.6 galones por descarga. Esto aplica a los equipos manufacturados e instalados después del año 1994 ([www.leeduser.com](http://www.leeduser.com)). Ya que parte de las estructuras que forman parte del Centro para el Desarrollo Humano eran estructuras ya existentes que fueron remodeladas, asumimos que los inodoros instalados actualmente en los edificios tiene este tipo de consumo (1.6 galones por descarga).

De acuerdo a un estudio realizado por la agencia gubernamental *South Florida Water Management District* en tres edificios de oficinas y 50 personas (25 hombres y 25 mujeres), el utilizar equipos de baño de alta eficiencia produjo ahorros entre 196 y 426 galones por día en una base de 260 días laborales. Los datos de este estudio se utilizaron para estimar el consumo de agua por persona en los edificios CETA y UNE ([sfwmd.gov](http://sfwmd.gov)).

De acuerdo a este estudio en un día, las 50 personas consumieron 360 galones (usando equipos manufacturados e instalados después del año 1994). Asumiendo que el porcentaje mayor de ese consumo se debe al uso de los inodoros, se puede decir que las 50 personas generaron 225 descargas en un día:

$$\frac{360 \text{ gal}}{\text{día}} \times \frac{\text{descarga}}{1.6 \text{ gal}} = 225 \text{ descargas por día}$$

Descargas por persona al día:

$$\frac{225 \text{ descargas}}{\text{día}} \div 50 \text{ personas} = 4.5 \text{ descargas / día por persona}$$

Asumiendo que cada persona hace descargas del inodoro en un promedio de 4.5 veces al día, entonces, cada persona consume 7.2 galones al día:

$$\frac{1.6 \text{ gal}}{\text{descarga}} \times \frac{4.5 \text{ descarga}}{\text{día por persona}} = 7.2 \text{ galones / día por persona}$$

En el parque operan 1,861 personas:

$$\frac{7.2 \text{ galones}}{\text{día por persona}} \times 1,861 \text{ personas} = 13,399 \text{ galones / día}$$

Esto representa el consumo actual de agua por descargas de los inodoros (post-1994) en los edificios CETA y UNE.

Asumiendo 260 días laborables como el estudio del *SFWMD*, en el parque se consumen al año los siguientes valores:

$$\frac{13,399 \text{ galones}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{264 \text{ galones}} = \frac{50.75 \text{ m}^3}{\text{día}} \times \frac{\$1.92}{\text{m}^3} = \$97.41 / \text{día persona}$$

$$\frac{50.75 \text{ m}^3}{\text{día}} \times 260 \text{ días} = 13,196 \text{ m}^3 / \text{año}$$

$$\frac{\$97.41}{\text{día}} \times 260 \text{ días} = \$25,327 / \text{año}$$



Al hacer este mismo cálculo para equipos de alta eficiencia como lo es el inodoro *Stealth* del sistema Niagara, el cual consume 0.8 galones por descarga, obtenemos que si el parque utilizara estos equipos el consumo se reduciría a  $6,598 \text{ m}^3 / \text{año} = \$12,664 / \text{año}$ .

El costo de este equipo es de \$308 por unidad aproximadamente ([www.itseasybeinggreen.com](http://www.itseasybeinggreen.com)).

Tomando como ejemplo el diseño del edificio CREDIS que se va a construir en el parque, este incluye 5 inodoros en cada piso (3 para mujeres y 2 para hombres). Al aplicar esto a cada edificio del Centro para el Desarrollo Humano, los cuales son de un solo nivel, podemos asumir que hay aproximadamente 15 inodoros en total.

$$\text{Costo del equipo} = \frac{\$ 308}{\text{inodoro}} \times 15 \text{ inodoros} = \$4,620$$

Ejemplo: Estrategia de manejo de materiales

Reciclaje de desperdicios sólidos (papel y cartón, plástico, vidrio y aluminio).

Costo promedio de un contenedor de 120 L (31 galones aproximadamente) con tapas de colores para identificar el material a recogerse en el contenedor es \$60

([www.todocontenedores.com](http://www.todocontenedores.com) y [www.walmart.com](http://www.walmart.com)).

Al evaluar las instalaciones de los edificios podemos distribuir los contenedores de la siguiente forma:

18 laboratorios x 3 contenedores (1 para papel y cartón, 1 para vidrio y 1 para plástico) = 54 contenedores

35 salones y laboratorios de computadoras y cada piso de oficinas administrativas x 1 contenedor para papel y cartón = 35 contenedores

1 cafetería x 5 contenedores (1 para papel y cartón, 1 para vidrio, 1 para plástico, 1 para aluminio y 1 para comida) = 5 contenedores

2 estaciones de máquinas de meriendas y bebidas x 2 contenedores (1 para plástico y 1 para aluminio) = 4 contenedores

Total = 98 contenedores x \$60 por contenedor = \$5,880

De acuerdo a la información brindada por una compañía farmacéutica ubicada en Barceloneta, las compañías que recogen el material reciclable no cobran por el recogido del material. Estas compañías de reciclaje pagan una remuneración económica por tonelada de material recogido:

0.21 centavos / libra de papel y cartón = \$4.20 / tonelada de papel y cartón

0.25 centavos / libra de plástico = \$5.00 / tonelada de plástico

\$1.20 / libra de aluminio = \$2400 / tonelada de aluminio

Esta compañía no recibe remuneración económica por el vidrio, sino que lo donan.

Asumimos que se va a reciclar el 35% de lo que se genera de desperdicios del parque para cada material (papel y cartón, plástico, vidrio y aluminio) y a esa cantidad se le aplicó la remuneración económica por tonelada de material recogido para calcular la ganancia.

Ejemplo reciclar el 35% del papel y cartón generado en el parque:

De los resultados que obtuvimos en la Tabla 4, estimamos una generación de papel y cartón anual igual a 256 toneladas.

$\frac{256 \text{ toneladas}}{\text{Año}} \times 35\% \text{ a reciclarse} = 89.6 \text{ toneladas de papel y cartón recicladas al año}$

$\frac{89.6 \text{ toneladas recicladas}}{\text{año}} \times \frac{\$4.2}{\text{tonelada de papel y cartón}} = \$376 / \text{año}$

Para esta estrategia, es importante demostrar un ejemplo del cálculo del efecto ambiental por la implantación de la estrategia de reciclaje:

Según el autor Doménech (2004), al reciclar se puede ahorrar un porcentaje de la energía empleada en la fabricación del material y ese porcentaje de ahorro varía de acuerdo al material. El porcentaje de energía ahorrada se calcula de la siguiente forma:

$$\text{En el caso del papel y cartón} = 1 - \frac{(\% \text{ reciclaje} \times 0.5)}{100} = 1 - (0.35 \times 0.5) = 0.825$$

$$\text{En el caso del aluminio} = 1 - \frac{(\% \text{ reciclaje} \times 0.9)}{100} = 1 - (0.35 \times 0.9) = 0.685$$

$$\text{En el caso del plástico} = 1 - \frac{(\% \text{ reciclaje} \times 0.7)}{100} = 1 - (0.35 \times 0.7) = 0.755$$

$$\text{En el caso del vidrio} = 1 - \frac{(\% \text{ reciclaje} \times 0.5)}{100} = 1 - (0.35 \times 0.5) = 0.825$$

Utilizamos el método de huella ecológica para determinar el beneficio ambiental.

Ejemplo del beneficio ambiental obtenido al reciclar el 35% los desperdicios de papel y cartón generados en el Centro para el Desarrollo Humano del parque :

Emisiones de carbono

$$\frac{256 \text{ ton}}{\text{año}} \times \frac{30 \text{ Gj}}{\text{ton}} \times 0.825 \times \frac{5.21 \text{ tCO}_2}{\text{ha/año}} \times \frac{\text{ha/año}}{71 \text{ Gj}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{0.0011 \text{ ton}} = 422,670 \text{ Kg CO}_2/\text{año}$$

Huella ecológica

$$\left( \frac{422,670 \text{ Kg CO}_2}{\text{año}} \times \frac{0.0011 \text{ ton}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{\text{ha/año}}{5.21 \text{ ton CO}_2} \right) = 89 \text{ ha/año}$$

Para la estrategia de establecer una política de compra del 100% del papel blanco 8.5" x 11" reciclado y certificado por la *Forest Stewardship Council* (FSC) se hicieron los siguientes cálculos para determinar el costo de la estrategia:

Datos:

Costo del papel blanco 8.5" x 11" 100% reciclado y certificado por la FSC =  
\$54.99 / 200 libras de papel

Costo del papel blanco 8.5" x 11" no reciclado ni certificado por la FSC =  
\$19.99 / 100 libras de papel

Referencia: [www.officemax.com](http://www.officemax.com)

Asumimos que el 70% del desperdicio de papel generado al año es papel blanco 8.5" x 11" y calculamos cuanto se pagaría al año por la compra de cada tipo de papel:

Papel 100% reciclado y certificado:

$$\frac{\$54.99}{200 \text{ libras}} \times \frac{256 \text{ toneladas}}{\text{año}} \times 70\% \times \frac{2,000 \text{ libras}}{1 \text{ tonelada}} = \$98,542 / \text{año}$$

Papel no reciclado ni certificado:

$$\frac{\$19.99}{100 \text{ libras}} \times \frac{256 \text{ toneladas}}{\text{año}} \times 70\% \times \frac{2,000 \text{ libras}}{1 \text{ tonelada}} = \$71,644 / \text{año}$$

Costo adicional por la compra de papel 100% reciclado y certificado =  
\$ 98,542 - \$71,644 = \$26,898

Para la estrategia de generar energía solar usando placas fotovoltaicas, determinamos cuántos KWH representa el 10% de la energía consumida por el Centro para el Desarrollo Humano:

Según la Tabla 1, el Centro para el Desarrollo Humano consume anualmente 1,081,514 KWH, al multiplicarlo por el 10%, resulta en 108,151 KWH.

De acuerdo a la tesis de la Escuela de Asuntos Ambientales de la Universidad Metropolitana de Puerto Rico, titulada Plan para la utilización de la energía solar en una institución universitaria del año 2009, autor Colón, el promedio del costo de un sistema de energía solar (entre 430 y 525 módulos) con sus baterías para generar aproximadamente 76,932 KWH es igual a \$272,921.00.

En base a los datos de la tesis del autor Colón, estimamos el costo de un sistema solar para la generación de 108,151 KWH interpolando y obtuvimos un resultado de un costo aproximado de \$304,149.