

# ***Tecnologías de Uso Libre para el Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica como Herramienta para la Participación Pública***

*Ulises Feliciano Troche  
Maestría en Ciencia y Tecnología Geoespacial  
Prof. Marisol Rodríguez  
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental y Agrimensura  
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

---

**Resumen** — *El propósito de este trabajo es diseñar un Sistema de Información Geográfica utilizando tecnologías de uso libre que provea para la participación pública, permitiendo así establecer un mecanismo adicional para el intercambio de información entre las comunidades, los visitantes y el gobierno dentro del área de estudio delimitada. Aunque la inclusión de todos estos sectores es de gran importancia en el proceso general de participación, el enfoque principal está en la comunidad y público general, no en las instituciones gubernamentales. Sin embargo se reconoce que un sistema de participación pública de envergadura requiere el compromiso de las agencias de gobierno a involucrar al público en los procesos de planificación y toma de decisiones. Todos los datos utilizados para el desarrollo de esta aplicación están disponibles gratuitamente. Este trabajo prueba que un sistema de información geográfica con componentes de uso libre provee una alternativa viable como método en el proceso de participación pública.*

**Palabras Claves** — *Internet, libre acceso, participación pública, sistema de información geográfica.*

## **INTRODUCCIÓN**

El proceso de participación pública tiene la meta de facilitar el consenso [1]. Para lograr esta meta se requiere de una comunicación efectiva entre los participantes y debe existir acceso a la información correspondiente a los asuntos en discusión. Cada vez es más frecuente el uso de la tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en apoyo a este proceso de participación pública. La evolución de las tecnologías en los campos de la informática facilita su integración y promueven el acceso a la información y una

distribución más amplia. El propósito de este trabajo es diseñar un SIG con tecnologías de libre uso que provea para la participación pública, permitiendo así establecer un mecanismo adicional para el intercambio de información entre las comunidades, los visitantes y el gobierno dentro del área de estudio delimitada. Aunque la inclusión de todos estos sectores es de gran importancia en el proceso general de participación, nuestro enfoque está en la comunidad y público general, no en las instituciones gubernamentales. Sin embargo se reconoce, al igual que otros investigadores, que un SIG de participación pública de envergadura requiere el compromiso de las agencias de gobierno a involucrar al público en los procesos de planificación y toma de decisiones con o sin uso de SIG [2].

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Proveer un mecanismo para la fácil diseminación de información existente en el área de interés. Esta información comprende los datos actuales de carácter económico que han sido generados por las agencias gubernamentales.
- Permitir el intercambio de información entre los diversos actores del proceso de toma de decisiones o usuarios que puedan beneficiarse de ésta por medio de una interface sencilla que provea al público una manera de documentar incidentes o situaciones que ocurran en el área delimitada.
- Aumentar el conocimiento sobre las características del área de interés y concientizar a la población respecto a su importancia.
- Proveer un ambiente que complemente el proceso de manejo del Área de Planificación Especial de Piñones y que pueda ser emulado en otras áreas que requieren igual atención.

La implantación de estrategias inadecuadas para el desarrollo turístico y urbano en Puerto Rico y su impacto adverso en diversas instancias ha sido documentado en muchas ocasiones. Algunos ejemplos de estas prácticas son la falta de procesos participativos en la toma de decisiones, efectos negativos permanentes en el ambiente, degradación socio-económica, regulaciones laxas, operaciones no sustentables, conflictos de intereses y corrupción, y la pérdida significativa de fondos, entre otros [3].

A pesar de su gran riqueza cultural, natural, y social, la comunidad de Piñones ha sido tradicionalmente marginada durante décadas. El área cuenta con el bosque de mangle más extenso de Puerto Rico, además de otros ecosistemas de importancia que sirven de hábitat para especies amenazadas o en peligro de extinción. Estas características son algunas de las razones que han propiciado durante décadas el conflicto respecto al desarrollo en el área entre la comunidad, los intereses privados y las instituciones gubernamentales. El acceso a la información y la participación pública son vitales para un proceso de planificación y de manejo adecuado.

Tanto en Puerto Rico como en otros países se ha indicado la falta o limitaciones de acceso a la información que previenen la participación pública [4]. El uso de las tecnologías de sistemas de información geográfica como herramienta para la participación facilita la integración del público en estos procesos ya que mejora la comunicación entre los diversos actores. Una participación activa de la ciudadanía provee para beneficios como mejorar los servicios obtenidos para la comunidad y pueden provocar mayor empoderamiento.

A pesar de diversas iniciativas del gobierno de Puerto Rico para agilizar los procesos y trámites rutinarios que deben llevar a cabo los ciudadanos y proveer acceso a ciertos datos en diversos ámbitos, no se pudo identificar durante el proceso de investigación ninguna referencia a aplicaciones de SIG dirigidas a la participación pública en los procesos de planificación, desarrollo o intercambio de información entre las comunidades y otros

sectores. Algunas de estas iniciativas son el portal oficial del Estado Libre Asociado de Puerto Rico [5], la aplicación de GeoLocalizador de la Junta de Planificación de Puerto Rico [6], y el Portal de Datos Geográficos Gubernamentales [7].

Tradicionalmente, los métodos de participación consisten mayormente en llevar a cabo reuniones o vistas públicas en un lugar particular a un tiempo específico, lo que a su vez limita precisamente la participación de un mayor número de personas. Los sistemas de información geográficos han sido utilizados principalmente para integrar datos espaciales y atributos, análisis, creación de escenarios, y presentación de resultados. Sin embargo, la participación del público se limita a comentarios de estos productos en la etapa final de estos procesos [8].

El desarrollo de un SIG para estos usos sería una aportación significativa en apoyo a los procesos participativos y de acceso a información, permitiendo una relativa igualdad de participación de todos los sectores en cualquier momento. En este sentido, dado los acontecimientos históricos y los aspectos naturales, culturales y sociales que se han mencionado, se seleccionó la comunidad de Piñones en Loíza como área de estudio para la implantación del sistema a desarrollar.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

El concepto de sistemas de información geográfica como herramienta para la participación pública ha sido estudiado por décadas. El término anglosajón “public participation geographic information system” o PPGIS es utilizado para dicho concepto. PPGIS aspira a mejorar la calidad del proceso de toma de decisiones y aumentar el nivel de impacto público; sin embargo, aún queda por evaluar su potencial completo debido a restricciones o limitaciones sociales e institucionales [9].

Correspondiente a los procesos de participación se han identificado diversos niveles de acceso a la información e interacción que deben ser considerados en el desarrollo de sistemas de

información geográfica para la participación pública [10]. En términos generales las diversas formas en que el público se involucra en los procesos de toma de decisiones dirigidas por las instituciones gubernamentales pueden resumirse como sigue:

- Gestiones de acceso a información provisto por el gobierno de manera unilateral.
- Consultas del gobierno con los ciudadanos donde las respuestas generalmente están predeterminadas por el ente gubernamental.
- Procesos donde el gobierno provee para la participación deliberada del público previo a las etapas finales de la toma de decisiones.
- El gobierno promueve la participación activa de los diversos sectores durante los procesos de consulta manteniendo un rol protagónico.
- Participación activa liderada por los ciudadanos y donde el público define y comparte la responsabilidad de los resultados.

En la mayoría de los casos la interacción del sector público se enfoca en los primeros dos puntos mencionados, pero con el uso de sistemas de información geográfica existe la oportunidad para potencialmente aumentar la participación pública en todas las formas.

Por otro lado es necesario considerar también que “acceso a la información” no es lo mismo que “participación”, aunque son conceptos estrictamente enlazados. El acceso a la información o datos puede ser restringido o limitado por los creadores o custodios de dicha información por diversas razones y aún aquellos que proveen libre acceso no promueven activamente el uso de los datos o información. El éxito de un sistema de información geográfica para la participación pública no estriba solamente en proveer acceso a los datos y requiere la activa intervención de los diversos sectores en las diversas etapas de los procesos de toma de decisiones.

Para efectos de nuestro trabajo nos enfocamos en proveer un mecanismo que provea acceso a la información existente y promueva la participación activa de los ciudadanos con la intención de

involucrar a otros sectores. De esta manera se espera poder establecer un sistema que sirva de base para el desarrollo de otros mecanismos que permitan eventualmente cumplir con el mayor nivel de participación pública en todos los niveles y ámbitos.

### **Área de Estudio**

En 1995 la Junta de Planificación de Puerto Rico redactó el documento para el Área de Planificación Especial de Piñones (APEP). Dicho documento fue elaborado con la justificación de proteger, conservar y restaurar los diferentes sistemas naturales delimitados según el APEP, y a su vez propiciar el desarrollo turístico-ecológico del área [11]. El APEP comprende aproximadamente 10,000 cuerdas de terreno y está localizada en la costa norte de la Isla. Se delimita por el norte con el Océano Atlántico; por el sur con la cordillera de San José y la comunidad Santa Bárbara; por el este con el Río Grande de Loíza y por el oeste con el área de Boca de Cangrejos. Dentro de la APEP está localizada la Reserva Natural de Piñones, la cual provee una diversidad de usos recreativos y es de gran importancia ecológica.

La Reserva ha sido amenazada por el establecimiento de viviendas ilegales y por otras actividades comerciales y recreativas, que atentan contra las características naturales del área y a su vez contra la seguridad de la población que allí reside y el desarrollo del lugar. Debido a la importancia y potencial de la Reserva Natural, históricamente el área ha estado sujeta a constantes conflictos. Es importante mantener las áreas naturales considerando las oportunidades económicas y de desarrollo social dentro de la Reserva.

A estos fines, los SIG proveen oportunidades para mejor acceso a la información y mayor participación pública. Estas herramientas basadas en SIG pueden ser utilizadas para ayudar a aumentar la percepción y concienciación de diversos agentes de cambio tanto del sector público como de otros grupos en el proceso de toma de decisiones.

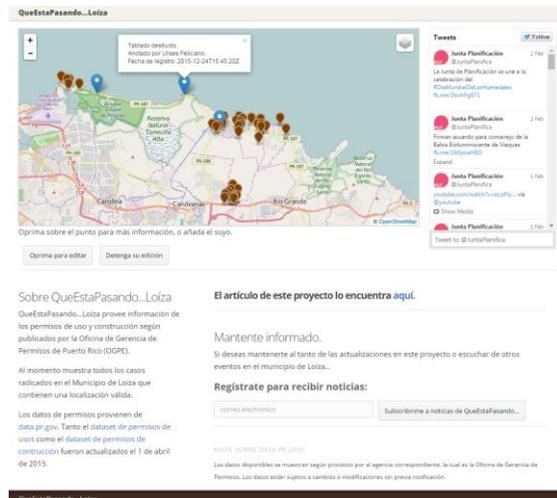
## METODOLOGÍA

La aplicación desarrollada, llamada QueEstaPasando...Loíza, muestra los datos de interés general y de libre acceso disponibles por medio del Portal de Interconexión de Datos Abierto de Puerto Rico. Este portal provee acceso a datos publicados por el gobierno de manera dinámica con la intención de permitir desarrollar aplicaciones para atender servicios a los ciudadanos. Los datos utilizados fueron las localizaciones correspondientes a los permisos de uso y de construcción para el municipio de Loíza, donde se delimita nuestra área de estudio, según documentados por la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) de Puerto Rico. La información fue adquirida por medio de la descarga de los datos en formato de texto CSV, particularmente porque no se realizan actualizaciones a la información desde el 1 de abril de 2015.

Las principales consideraciones técnicas en el diseño de este SIG incluyen el estar basado en el uso de Internet y en una plataforma neutral para permitir la mayor flexibilidad y acceso a diversas fuentes de datos. Se desarrolló una interfaz de mapas que provea interacción con los usuarios y permita expandir sus capacidades de manejo. También se consideró la compatibilidad con los estándares actuales de manejo de información geográfica, como los establecidos por el Open GIS Consortium (OGC). Toda la programación y las tecnologías utilizadas para la implementación del sistema son de código abierto y libre uso, reduciendo significativamente el costo total de implementación y mantenimiento.

El sistema provee al público una manera de informar problemas o situaciones por medio de la interfaz de mapas, permitiendo así identificar la localización de dicho evento para su posterior discusión. También permite al usuario registrarse en una lista de distribución por medio de correo electrónico si desea permanecer al tanto de las noticias relacionadas que el administrador del sistema publique. El uso de las redes sociales está presente en la interfase, haciendo disponible al

usuario las publicaciones oficiales de la Junta de Planificación de Puerto Rico por medio de su cuenta de Twitter. De esta manera se ofrecen varios métodos de intercambio de información en diversos ámbitos, según mencionado previamente, rompiendo la barrera de comunicación entre los participantes. La Figura 1 muestra la interfaz de la aplicación desarrollada para nuestro sistema prototipo.



**Figura 1**  
**Interfase de la Aplicación QueEstaPasando...Loíza**

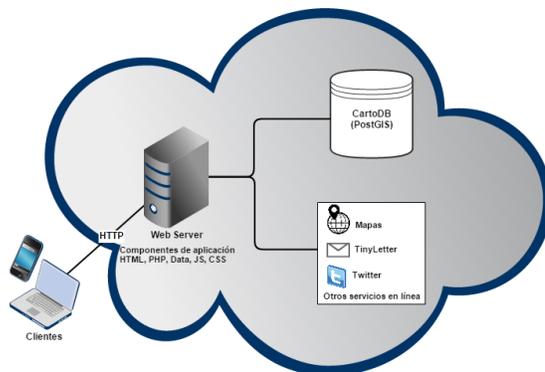
## Arquitectura y Requerimientos Tecnológicos

La Figura 2 muestra la arquitectura del sistema. La aplicación basada en el uso de Internet permite capturar nueva información de parte del usuario por medio de la escritura de datos a una base de datos relacional y utilizando un mapa. La aplicación almacena los datos en una tabla en el manejador de bases de datos PostGIS, la cual ha sido creada utilizando la aplicación CartoDB, herramienta para el desarrollo de datos y mapas en línea. Por medio de Leaflet, una librería de JavaScript para la creación de mapas interactivos, el usuario puede dibujar e insertar información adicional al mapa.

A continuación se mencionan las herramientas, códigos y utilidades que componen la aplicación:

- **ShiftEdit:** Ambiente de desarrollo integrado en la Internet para la creación y edición de archivos de programación.

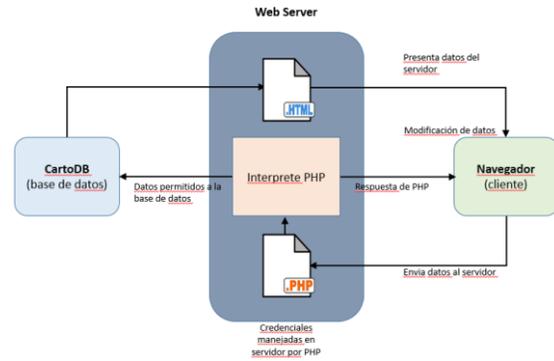
- **LeafletJS:** Librería JavaScript de uso libre y abierto para el desarrollo de mapas interactivos.
- **LeafletDraw:** Extensión para Leaflet que permite dibujar o añadir datos a un mapa.
- **CartoDB:** Aplicación de uso libre disponible en la Internet para creación y análisis de mapas que permite almacenamiento de datos en PostGIS.
- **jQuery:** Librería JavaScript para simplificar el uso y manejo de objetos por medio de interfaces de programación.
- **jQueryUI:** Grupo de elementos de programación creados en base a la librería jQuery.
- **PHP:** Un lenguaje de programación para Internet que es interpretado y ejecutado en el servidor y puede utilizarse para mejorar la seguridad.
- **TinyLetter:** Servicio de envío de información en masa por medio de correo electrónico.
- **LAMP:** Distribución de aplicativos que permite ejecutar PHP; los componentes son Linux (sistema operativo), Apache (servidor Web), MySQL (sistema de manejo de bases de datos relacionales) y PHP.



**Figura 2**  
Arquitectura del Sistema

Por la naturaleza de PHP, el código no se presenta en el navegador del cliente, solo el producto de la programación. Por tanto, es utilizado comúnmente en el servidor para comunicarse con bases de datos y otras tecnologías en el servidor y crear las páginas o productos en

HTML que son enviados al cliente e interpretados por el navegador. Nuestra aplicación utiliza PHP para enviar datos a CartoDB para ser almacenados en una base de datos PostGIS. La Figura 3 muestra de forma general el flujo de la aplicación desarrollada. Una vez instalados y configurados adecuadamente los componentes de la distribución LAMP, el servidor está habilitado para ejecutar la aplicación.



**Figura 3**  
Flujo de Control de Datos

El primer paso fue crear una tabla en CartoDB para almacenar los datos provistos por los usuarios. Esta tabla es creada en el manejador de bases de datos PostGIS, a la cual podemos hacer referencia utilizando las interfases provistas para mostrar en el mapa. CartoDB está disponible en la Internet por medio del enlace <https://cartodb.com/>. Una vez creada una cuenta, un usuario puede crear tablas y mapas gratuitamente por medio de ese motor. CartoDB provee planes de servicio a costo a base de espacio de almacenamiento y funcionalidades; sin embargo, el plan gratuito provee las funciones suficientes para el desarrollo de nuestra aplicación.

El esquema de la tabla está compuesto de las columnas creadas para almacenar los datos que se requieren del usuario. Para efectos de nuestra aplicación, los usuarios pueden documentar situaciones o incidentes particulares por medio de una ventana de información donde incluyen su nombre, comentarios y si son residentes del área. La Tabla 1 describe el esquema de la tabla creada y cuyo nombre es “data\_collect”.

**Tabla 1**  
**Esquema de la Tabla “data\_collect” en CartoDB**

Columna	Tipo	Descripción
cartodb_id	Número	Identificador del sistema
the_geom	Geometría	Almacena geometría en format binario
description	Texto	Descripción provista por el usuario (comentarios)
latitude	Número	Coordenadas de latitud
longitude	Número	Coordenadas de longitud
name	Texto	Nombre del usuario
residente	Boolean	Para indicar si el usuario es residente del área
wkb_geometry	Geometría	Segundo campo para almacenar la geometría en formato WKB*
created_at	Fecha	Fecha en que se crea el dato

\*Representación de geometría OGC.

Una vez creada la tabla, la misma es accesible por medio de código JavaScript creando una conexión a la base de datos y utilizando una oración de búsqueda estructurada. Al incluir la referencia a la extensión Leaflet.draw se hace disponible su funcionalidad en el mapa. En nuestra aplicación se añaden dos botones para controlar la entrada de datos del usuario. Un botón habilita la función que permite dibujar un punto en el mapa al usuario. Una vez colocado el mismo, se muestra una forma al usuario para incluir la información que desea comentar. Una vez se guardan estos datos, se almacenan en la tabla de CartoDB creada. El segundo botón disponible en la aplicación deshabilita la función para dibujar y colocar puntos por parte del usuario.

Se crearon dos archivos PHP que funcionan como intermedio entre la información sometida por el usuario y la comunicación con la tabla en la base de datos PostGIS creada por CartoDB. Esto también provee mayor seguridad ya que cualquier información requerida para autenticar la conexión a la base de datos queda protegida por la naturaleza del archivo PHP. Los datos capturados por el usuario permanecen presentes en el mapa de forma acumulativa y pueden ser observados en la tabla por medio del enlace directo [https://ufeliciano.cartodb.com/tables/data\\_collector](https://ufeliciano.cartodb.com/tables/data_collector), ya que la tabla está accesible públicamente. El

administrador se encarga de verificar o mantener los datos de la tabla.

## RESULTADOS

Puede demostrarse como el uso de los SIG en el proceso de participación pública tiene beneficios en promover el acceso a los datos existentes y a nueva información por medio del insumo de los usuarios. A su vez ofrece un medio para una amplia diseminación de la información al público general y otros sectores. El uso de estos sistemas puede traspasar las barreras de comunicación en la medida que se provea la funcionalidad requerida. Aún existen limitaciones y problemas que deben ser sobrepasados, tanto tecnológicos como sociales y culturales. Algunas de estas limitaciones identificadas son:

- Acceso a datos y tecnología – la aplicación integrará datos correspondientes a los permisos de construcción y de uso que la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPE) ha provisto por medio del sitio de datos abiertos gubernamental. Sin embargo, estos datos no son actualizados constantemente y la misma situación fue evidente para la mayoría de los datos disponibles en el portal de gobierno. Aunque cada vez hay mayor acceso a la tecnología como Internet, computadoras, etc., hay un porcentaje de la población que no tiene acceso a estos servicios o equipos por diversas razones. El impacto de un SIG en los procesos de participación pública pueden ser significativo dado la población a la cual se quisiera dar mayor participación. También se debe considerar elementos de acceso a datos públicos sin restricciones legales.
- Facilidad de uso del sistema o familiaridad con la tecnología.
- Interés genuino de las agencias gubernamentales y otros sectores para incorporar elementos que realmente promuevan la participación pública por diversos medios tecnológicos y en todas las etapas del proceso.

Específicamente relacionado a nuestro prototipo hay ciertos aspectos técnicos que deben ser trabajados para mejorar su funcionamiento. Entre ellos modificar el código para procesar más eficientemente un gran número de datos en línea, mejorar el apoyo a los dispositivos móviles como teléfonos celulares, incorporar métodos de validación en la captura de información en la ventana presentada al usuario y proveer mejor representación visual de los datos capturados para a su vez mostrar estadísticas. La Figura 4 muestra ejemplos de datos capturados por medio de la interfase de la aplicación. Nótese que el usuario puede obtener información relacionado a los permisos de uso y construcción que se presentan en el mapa.



**Figura 4**  
Captura de Datos por Interfase

Esta última limitación es parcialmente debido a que CartoDB no cuenta con un módulo de estadísticas, por tanto la aplicación no cuenta con un mecanismo o forma de presentación de los datos capturados más elaborado al acceso directo a la tabla. La aplicación puede ser extendida para el desarrollo de un módulo de visualización adicional de los récords en la base de datos que incluya estadísticas. Estas mejoras requieren de mayor conocimiento en conceptos y técnicas de programación, las cuales se hacen evidentes en la medida que se introduzcan funcionalidades más complejas al sistema.

El único costo incurrido en la implementación de nuestro prototipo ha sido el pago mensual de \$12 por un servidor virtual que constituye la infraestructura del sistema. Aun considerando varios costos adicionales que pudieran ser

requeridos para la propagación o mejoras de dicha infraestructura, es evidente que el uso de tecnologías de uso libre para la participación pública proveen una alternativa viable en comparación a los SIG comerciales.

## CONCLUSIÓN

Cada vez se hace más evidente el uso de la tecnología de SIG en los procesos de participación pública. Nuestra aplicación, QueEstaPasando...Loíza, demuestra que se puede llevar a cabo el desarrollo de un SIG para procesos de participación pública con tecnologías de uso libre sin necesidad de recurrir en altos costos de implementación y mantenimiento y sin necesidad de un conocimiento especializado de programación. La participación pública por medio de estas herramientas ofrece una oportunidad para traspasar las barreras de comunicación entre los diversos participantes y hacer más eficiente el proceso de toma de decisiones. Aún con las posibles deficiencias de estos sistemas, los mismos deben ser utilizados como un complemento importante en los procesos de participación pública.

## REFERENCIAS

- [1] T. M. Tang and D. J. Coleman, "Design and Implementation of a GIS-enabled Online Discussion Forum for Participatory Planning," in *Proc. 4th Annual Public Participation GIS Conf.*, Cleveland State University, 2005.
- [2] D. L. Tulloch and T. Shapiro, "The Intersection of Data Access and Public Participation: Impacting GIS Users' Success?", *URISA Journal*, vol. 15, pp. 55-60, 2003.
- [3] E. A. Hernández-Delgado *et al.*, "Long-Term Impacts of Non-Sustainable Tourism and Urban Development in Small Tropical Islands Coastal Habitats in a Changing Climate: Lessons Learned from Puerto Rico," in *Visions for Global Tourism Industry - Creating and Sustaining Competitive Strategies*, M. Kasimoglu, Ed. InTech, 2012, pp. 357-398.
- [4] R. Kingston, "Public Participation in Local Policy Decision-making: The Role of Web-based Mapping", *The Cartographic Journal*, vol. 44, no. 2, pp. 138-144, 2007.

- [5] Estado Libre Asociado De Puerto Rico, "Portal Oficial Del Estado Libre Asociado de Puerto Rico" [Online]. Available: <http://www2.pr.gov/>
- [6] Junta de Planificación de Puerto Rico, "GeoLocalizador2" [Online]. Available: <http://gis.jp.pr.gov/GeoLocalizador>
- [7] Oficina de Gerencia y Presupuesto, "Portal de Datos Geográficos Gubernamentales" [Online]. Available: <http://www.gis.pr.gov/>
- [8] Z. Peng, "Internet GIS for Public Participation", *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 28, no. 6, pp. 889-905, 2001.
- [9] G. Brown, "Public Participation GIS (PPGIS) for Regional and Environmental Planning: Reflections on a Decade of Empirical Research", *URISA Journal*, vol. 25, no. 2, pp. 7-18, 2012.
- [10] R. Kingston, "The role of e-government and public participation in the planning process," in *XVI Aesop Congr.*, Volos, Greece, 2002 [Online]. Available: <http://www.geog.leeds.ac.uk/papers/02-4/02-4.pdf>
- [11] Junta de Planificación de Puerto Rico, "Área De Planificación Especial De Piñones", *Negociado de Planes de Usos de Terrenos*, 1995.