

---

This is the **published version** of the article:

Hernández Verdugo, Eduardo Agustín; Tardà, Anna; Vives, Josep. Detección de parcelas urbanas con presencia de pobreza energética. 2018. 50 p.

---

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/199305>

under the terms of the  license

Universidad Autónoma de Barcelona

Facultad de filosofía y letras

Departamento de Geografía

Máster oficial en Geoinformación 1º edición 2017-2018:

Trabajo Final de Máster

# Detección de parcelas urbanas con presencia de pobreza energética

**Eduardo Agustín Hernández Verdugo**

Tutor Académico: Anna Tardá

Tutor Práctica: Josep Vives

6 de Julio del 2018

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a Anna Tardá y Josep Vives, por su guía y orientación en este trabajo. A Jordi, Joan y Meritxell de la coordinación del Máster por su gestión y constante apoyo durante todo el máster. Al equipo de Rubí Brilla por su compañerismo. A mi esposa, Amanda por inspirarme con su pasión y convicción de hacer una sociedad mejor. A mi familia, en especial a Jeanne Marie y Jacqueline por su incondicional apoyo y cariño.

# Trabajo final de Máster

## **Detección de parcelas urbanas con presencia de pobreza energética**

**Eduardo Hernández Verdugo**

### **Resumen**

La presente memoria se enmarca en el trabajo final realizado para el Máster oficial de Geoinformación 1º Edición realizado por el Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Barcelona y el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña. Este trabajo final es realizado en base a una practica externa realizada en el Ayuntamiento de Rubí. En él, se diseña e implementa una herramienta basada en un sistema de información geográfica para analizar la eficiencia energética y la pobreza energética en las parcelas catastrales de Rubí. Este análisis utiliza técnicas estadísticas, consultas SQL y programación en el lenguaje Python para comparar datos sobre los ciudadanos y sus viviendas con respecto al consumo eléctrico anual y así generar mapas para el análisis de la situación. El objetivo de esta herramienta es mejorar la evaluación ex ante de los programas del equipo de Rubí Brilla, proyecto clave del ayuntamiento para mejorar el desafío energético del municipio.

### **Resum**

Aquest informe és part del treball final realitzat per el Màster oficial de geoinformació 1º edició realitzat pel Departament de Geografia, Facultat Filosofia i lletres de la Universitat Autònoma de Barcelona i l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya. Aquest treball final esta realitzat sobre la base d'una pràctica externa realitzada a l'Ajuntament de Rubí. En ell, es dissenya i implementa una eina basada en un sistema d'informació geogràfica per analitzar l'eficiència energètica i la pobresa energètica de les parcel·les cadastrals de Rubí. Aquest anàlisi utilitza tècniques estadístiques, consultes SQL i programació en Python, per comparar les dades sobre els ciutadans i les seves vivendes en relació amb el consum anual d'electricitat i per tant generar mapes d'anàlisi de la situació. L'objectiu d'aquesta eina és millorar l'avaluació ex-ante de programes del equip

de Rubí Brilla, projecte clau de la ciutat per millorar el repte energètic del municipi.

### **Abstract**

This report is part of the final work carried out for the official master of Geoinformation 1 ° Edition made by the Department of Geography, Faculty of Philosophy and Letters of the Autonomous University of Barcelona and the Cartographic and Geological Institute of Catalonia. This final work is done based on an external practice carried out in the city of Rubí. It designs and implements a tool based on a geographic information system to analyses energy efficiency and energy poverty in the ruby cadastral plots. This analysis uses statistical techniques, SQL queries and programming in the Python language to compare data on the citizens and their dwellings with respect to the annual electricity consumption and thus generate maps for the analysis of the situation. The aim of this tool is to improve the ex-ante evaluation of Rubi Brilla's team programs, the city's key project to improve the municipality's energy challenge.

## Índice

Índice .....	5
Introducción .....	6
Objetivos .....	8
Planteamiento teórico .....	9
Pobreza energética: problema global de contexto local. ....	9
Criterios sobre la elección de parámetros.....	10
Alcance .....	11
Limitación técnica .....	11
Limitación temporal.....	11
Limitación estadística.....	12
Metodología .....	13
Sistema geoespacial.....	14
Análisis estadístico .....	21
Interfaz y usabilidad.....	25
Resultados .....	28
Uso del <i>script</i> .....	28
Caso de uso.....	31
Conclusiones .....	41
Bibliografía .....	43
Anexos .....	44
Anexo 1: Consumo eléctrico anual por habitante en el municipio de Rubí	44
Anexo 2: Grupo alfanumérico de entidades.....	44
Anexo 3: Entidad y atributos de la parcela catastral .....	45
Anexo 4: Entidad Campos y sus atributos .....	46
Anexo 5: Estados predefinidos para cada campo.....	47
Anexo 6: <i>Script</i> Python de la herramienta.....	47

## Introducción

El modelo de consumo que existe en la actual sociedad occidental no es sostenible ya que aumenta las brechas sociales en distintas dimensiones: educacional, urbanística, económica, entre otros. Sin embargo, una dimensión que había pasado inadvertida en los últimos años y que actualmente es de los desafíos más grandes en países desarrollados y en vías de desarrollo es la dimensión energética.

La energía es un insumo imprescindible para el sostenimiento de la sociedad y actualmente distintos sectores se ven restringidos en su uso debido a la privatización de este y el mal manejo de políticas públicas respecto al tema. El problema energético es de carácter global y posee diversos enfoques para abordar sus posibles soluciones. Este trabajo final abarca el desafío energético desde la sostenibilidad social. La sostenibilidad social en la energía hace referencia en como este recurso condiciona el diario vivir de los ciudadanos y que restricciones genera en base a la capacidad adquisitiva de cierto grupo de contexto vulnerable en la sociedad.

La eficiencia energética y la pobreza energética conceptualizan esta idea de segregación social a partir de la energía que permite el accionar de distintos gobiernos a diferentes escalas. El 2012, se publicó en España el primer informe sobre pobreza energética, donde se evidenciaba que se trataba de un problema que afectaba a más del 10% de la población (Tirado et al, 2012).

Para los gobiernos, la pobreza energética es una problemática que requiere soluciones globales y locales. En las medidas globales se encuentran algunas como la redefinición del sistema energético y como su acceso se ha vuelto un negocio con fines particulares o el incentivo por producir energías amigables con el medioambiente. Con respecto a las medidas locales es necesario definir un punto de partida para solucionar la pobreza energética por parte de los gobiernos regionales y ayuntamientos, considerando un análisis sobre la eficiencia energética que existe en un territorio específico. Con esto, entender problemas específicos de sus ciudadanos y gestionar los recursos necesarios para enfrentar este problema desde distintos aspectos.

En este último punto, las nuevas tecnologías adquieren un rol clave en el trabajo de los gobiernos haciendo análisis y lecturas del territorio de la manera más eficaz posible. Los sistemas de información geográfica son herramientas de gran alcance que permiten visualizar indicadores y patrones en el territorio con el fin de generar conocimiento que sirva para proponer soluciones efectivas.

El siguiente trabajo final se enmarca en un convenio de prácticas entre el departamento de geografía de la Universitat Autònoma de Barcelona y el Ayuntamiento de Rubí. Práctica que se llevó a cabo entre los meses de abril y junio del 2018, en la cual se desarrolló una herramienta basada en un sistema de información geográfica que analiza la eficiencia energética con el fin de desarrollar programas para disminuir la pobreza energética en las viviendas urbanas desde la gestión del ayuntamiento de Rubí. Este trabajo final, se realiza bajo la tutela de Josep Vives, *Project Manager* de transferencia tecnológica, miembro del equipo de Rubí Brilla, uno de los proyectos estratégicos impulsado desde el ayuntamiento. El objetivo del proyecto es que la ciudad de Rubí se convierta en un referente nacional e internacional en la eficiencia energética y el uso de energías renovables en entornos industriales, comerciales y domésticos. Este objetivo nace de la voluntad del Ayuntamiento de Rubí de hacer extensivos a todos los sectores los objetivos de reducción de emisiones adquiridos con el compromiso del Pacto de Alcaldes. Además, este programa funciona como prototipo analítico para su uso en otras políticas públicas como las bonificaciones fiscales, la rehabilitación de viviendas poco eficientes, entre otras.

En la presente memoria, se presentan los objetivos generales y específicos que tuvo el trabajo final, el planteamiento teórico desde el cual se situó este proyecto, los alcances y limitaciones presentes para el desarrollo de este, la metodología utilizada en el trabajo final detallando métodos, herramientas y técnicas utilizadas para continuar con los resultados y casos de uso de esta herramienta. Para finalizar, se presentan conclusiones sobre el proyecto y recomendaciones para trabajo futuro.

## **Objetivos**

Este trabajo final de máster tiene por objetivo general diseñar e implementar una herramienta de análisis en base a un sistema de información geográfica que permita visualizar la eficiencia energética y los riesgos de pobreza energética en las viviendas del municipio de Rubí.

Los objetivos específicos de este proyecto son:

- ◁ Revisar y evaluar los datos existentes en el ayuntamiento y su utilidad para la creación del sistema de información geográfica.
- ◁ Revisar y evaluar datos abiertos de organismos gubernamentales y su utilidad para la creación del sistema de información geográfica.
- ◁ Elaborar metodología de trabajo para el almacenamiento del sistema de información geográfico.
- ◁ Diseñar la arquitectura de soporte para el sistema de información geográfica en base a la categoría de los datos.
- ◁ Crear base de datos para el sistema de información geográfica.
- ◁ Normalizar y elaborar los datos en base a la arquitectura definida.
- ◁ Carga de los datos en la base de datos.
- ◁ Definir modelo de relación entre el consumo eléctrico y datos de la población de Rubí.
- ◁ Automatizar consultas para la generación de indicadores estadísticos en base a los datos del sistema de información geográfico.
- ◁ Definir un plan para replicar la herramienta en proyectos futuros del ayuntamiento u otros ayuntamientos.
- ◁ Modelar casos de uso de la herramienta.

## **Planteamiento teórico**

Para entender el enfoque desde el cual se sitúa este proyecto, es necesario definir los conceptos sobre los cuales se basa y que interpretación se le dio para justificar el desarrollo de una herramienta tecnológica, en este caso un sistema de información geográfica (SIG), para el análisis de la eficiencia energética y la pobreza energética.

### **Pobreza energética: problema global de contexto local.**

La pobreza energética es un concepto que parece nuevo, pero ha estado presente durante mucho tiempo. Desde que la doctora Brenda Boardman definió en 1992 a la pobreza energética como la “Incapacidad (para un hogar) de obtener una cantidad adecuada de servicios de la energía por el 10% de la renta disponible”, muchos autores han buscado adaptar este concepto a sus propios contextos. Y es que al igual que el concepto de pobreza, la clasificación de si es que una persona sufre de pobreza energética varía entorno a distintos factores y parámetros. Un ejemplo de esto está dado por el departamento de negocios, emprendimiento y reformas regulatorias del Reino Unido (BERR por sus siglas en inglés) que define a la pobreza energética como “la dificultad de mantener un hogar en unas condiciones adecuadas de temperatura a un precio justo”. Esta definición da el énfasis al problema de las bajas temperaturas y olas de frío que sufre el Reino Unido y como los efectos en la sociedad de ese lugar se catalogan como pobreza energética. Sin embargo, este concepto no se aplica para regiones que no sufran de olas de frío como lo es España o países ubicados cercanos al ecuador. Debido a este problema, actualmente el concepto de pobreza energética se considera globalmente como un “*Empobrecimiento*” (Deñabe 2009) o una “*Vulnerabilidad Energética*” (Bouzarovsky y Petrova, 2015). La propuesta de definición que se adapta a una visión global del término es la cual entiende por pobreza energética como la dificultad de disfrutar de los servicios energéticos necesarios para vivir una vida digna debido a factores internos o factores externos. (Víctor Pellicer, 2017).

Ya con una concepción definida sobre el concepto, es fundamental entender que frente a esta problemática no existe una solución única y la respuesta es abordar el problema desde distintas dimensiones. El rol que cumplen los gobiernos son el de articular una hoja de ruta para generar una

distribución energética coherente con la realidad de cada territorio. Sean Sweeney (2014: 323) defiende esto, definiendo como uno de los principales desafíos de los gobiernos el reestructurar el sector energético con miras de un modelo distribuido con mayor probabilidad de favorecer el control local y redefinir el papel y la finalidad de la energía en relación con la cobertura de necesidades ambientales y sociales.

Para efectos de este trabajo se utilizará el enfoque que plantea Sweeney considerando la intervención del gobierno como una administración local (Ayuntamiento de Rubí), generando información sobre el grado de eficiencia energética que tienen los ciudadanos del municipio a través de una herramienta SIG que relacione el consumo energético (en este caso, eléctrico) con datos cualitativos y cuantitativos de los ciudadanos y sus viviendas. Con la finalidad de generar una visualización de la situación energética del municipio y desarrollar proyectos más eficientes.

### **Criterios sobre la elección de parámetros**

La elección sobre que parámetros considerar para el análisis de la eficiencia energética en las viviendas de Rubí depende del enfoque y la accesibilidad que se tenga de los datos. El enfoque para este trabajo fue en base de ver la influencia que tenía la tipología de los hogares y características demográficas de la población del municipio de Rubí con respecto a la forma de consumo eléctrico. Además, el cómo las características físicas de los hogares y edificios como el tamaño construido, la antigüedad o la cantidad de viviendas por metro cuadrado afectan el consumo energético, particularmente el consumo eléctrico. Con respecto a la accesibilidad de la información que se tuvo para este trabajo se definieron que parámetros utilizar que estuvieran dentro del enfoque establecido. Sobre la herramienta desarrollada en este trabajo, se podrían aplicar nuevos análisis en base a parámetros que consideren un enfoque mayor como lo es la renta por vivienda, la mortalidad de habitantes por barrio, la orientación de la vivienda para considerar la iluminación en cada vivienda, la cantidad de vegetación en los barrios para disminuir el efecto de las olas de calor entre otros. Estos criterios pueden ser considerados en actualizaciones futuras de este trabajo ya que para entender la situación energética en su totalidad es necesario

considerar todas las dimensiones respecto a la complejidad que presenta la pobreza energética.

### **Alcance**

Para entender las decisiones tomadas dentro del trabajo final y justificar el uso de herramientas, métodos y técnicas es necesario explicar las limitaciones consideradas para este trabajo. El alcance de este trabajo se puede resumir en 3 tipos de limitaciones:

#### **Limitación técnica**

El ayuntamiento de Rubí ha invertido grandes recursos económicos, temporales y humanos en desarrollar un proyecto transversal que afronte el desafío energético en sus distintas dimensiones. No obstante, el nivel de conectividad entre los datos generados por distintas áreas dentro del ayuntamiento no se encuentra 100% desarrollado para abastecer una herramienta que mire de forma integral el desafío energético. Para el caso de este trabajo, se solicitó al departamento de informática del ayuntamiento datos demográficos, catastrales y sobre la composición de la vivienda los cuales fueron entregados en formato .xls (Microsoft Excel) y agrupados en el elemento espacial más atómico posible sin pasar a llevar el secreto estadístico, el cual fue la parcela catastral. En el caso óptimo de este trabajo, el departamento de informática debería proporcionar una conectividad en forma de vistas que se encuentre conectada en tiempo real con la base de datos del ayuntamiento.

#### **Limitación temporal**

La duración para el desarrollo de la pasantía en el ayuntamiento d Rubí definida en el acuerdo de prácticas del Máster de Geoinformación 1º Edición 2017/2018 fue de 104 horas. La corta duración de este periodo afecto la capacidad de recolección por parte del tutor de la práctica. Datos como los impagos fiscales, cantidad de impagos sobre la factura eléctrica u otro dato que refleje el nivel de endeudamiento de los ciudadanos no fueron utilizados en la herramienta debido a que no fueron entregados por las distintas entidades responsables a tiempo. Es por esto, que para el desarrollo de la herramienta se utilizaron simulaciones estadísticas.

### **Limitación estadística**

El análisis de los datos a través de la aplicación de métodos estadísticos depende de la composición que tengan los datos. Esto con el fin, de utilizar la formula específica para cada conjunto de datos. Para el caso de este trabajo final, se utilizó como supuesto una relación lineal entre los distintos parámetros y los consumos energéticos. Con el fin de acotar las posibles fórmulas a este tipo de distribución.

Aun con estas limitaciones, el trabajo final logra cumplir sus objetivos siendo un aporte para el departamento de Rubí Brilla.

## Metodología

Recapitulando lo expuesto anteriormente, el objetivo general de este trabajo final es diseñar e implementar una herramienta de análisis en base a un sistema de información geográfica que permita visualizar la eficiencia energética y los riesgos de pobreza energética en viviendas. Esta herramienta fue desarrollada en base a tres lineamientos:

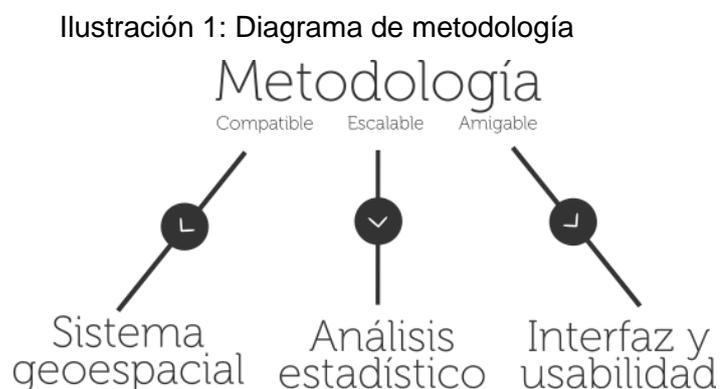
- ◁ Ser replicable en la aplicación de otros proyectos e instituciones
- ◁ Ser compatible con iniciativas paralelas que desarrolle Rubí Brilla
- ◁ Ser una herramienta que no requiera conocimientos en lenguajes de programación.

Estos lineamientos, fueron discutidos y definidos junto Josep Vives, tutor del ayuntamiento para este trabajo final, los cuales respondían a la misión que tiene el programa de Rubí Brilla bajo la lógica de cooperación con otras instituciones.

En base a lo anterior, la metodología de este proyecto se clasificó en 3 áreas generales que abarcan distintos métodos, herramientas y técnicas. Las tres áreas que divide la metodología son:

- ◁ Sistema geoespacial
- ◁ Análisis estadístico
- ◁ Interfaz y usabilidad de la herramienta.

Con esto, el modelo del trabajo metodológico queda definido como el siguiente diagrama.

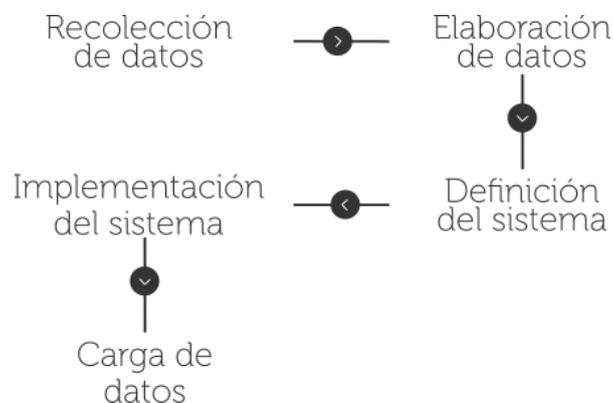


A continuación, se explicarán las tres categorías con sus respectivos modelos, técnicas y herramientas.

### Sistema geoespacial

Esta herramienta de análisis se basa en un sistema de información geográfica (SIG) el cual tiene como núcleo un sistema geoespacial, se define como el núcleo ya que son las bases de datos alfanuméricas y espaciales las que almacenan toda la información para ejecutar las operaciones. En el siguiente diagrama se muestran las distintas fases que contempla el desarrollo del sistema geoespacial:

Ilustración 2: Diagrama de sistemas geoespaciales



Como se muestra en el diagrama, el sistema geoespacial comenzó por la recolección de datos para ver los recursos disponibles que contaba el ayuntamiento para el desarrollo de este sistema. Después de elaborar los datos recolectados, se definió la estructura del sistema de base de datos para finalizar con su implementación en un servidor y la carga de datos. A continuación, se explicarán cada una de las fases:

#### Recolección de datos

Para que un sistema de información tenga sentido son necesario los datos. La recolección de datos para este trabajo final tuvo como base la definición de que dimensión espacial utilizar. La dimensión espacial hace referencia a que tipo de elemento geográfico utilizar para visualizar la información. En este caso, se utilizó la parcela catastral la cual fue definida por el área de informática del ayuntamiento con el fin de proteger el secreto estadístico de los ciudadanos.

Los datos alfanuméricos sobre los ciudadanos y composición de la vivienda por parcela, los datos catastrales sobre las parcelas sus respectivas construcciones se obtuvieron a partir de un archivo en formato .xls que desarrolló el área de informática realizando una consulta a la base de datos central que posee el ayuntamiento. Estos datos, fueron agrupados en parcelas catastrales. Es importante considerar que las bases de datos donde se obtuvo esta información son comunes para todos los ayuntamientos de España por lo que la implementación de esta herramienta en algún otro ayuntamiento no tendría que implicar un gran trabajo de adaptación.

Los datos espaciales sobre las parcelas catastrales fueron obtenidos a través del portal de la Dirección Nacional de Catastro de España<sup>1</sup> En el cual se descargó un archivo en formato Shapefile con las parcelas catastrales del ayuntamiento de Rubí.

Los datos sobre consumo energético no fueron considerados en este proyecto ya que la entrega de esta información será posterior a la realización de este trabajo final. De igual manera, fueron considerados dentro del sistema a través de una simulación explicada en la siguiente fase. Al igual que los datos alfanuméricos, la obtención de esta información viene de una base de datos común para todos los ayuntamientos por lo que la adaptación del proyecto no implica un gran trabajo.

### **Elaboración de datos**

Al obtenerse los datos a través desde consulta SQL a la base de datos del ayuntamiento, el trabajo de eliminar la redundancia y la verificación de la consistencia de datos como su normalización fue un proceso simple que se realizó en Excel. Por lo cual no se ahondará en su procedimiento.

Los datos sobre consumo energético para este trabajo final fueron obtenidos a través de una estimación estadística basada en el consumo eléctrico anual por habitante en el municipio entre los años 2001 y 2012 (Anexo 1). Esta información fue obtenida a través del portal del Área Metropolitana de Barcelona en su sección de datos abiertos<sup>2</sup>. A partir de esta información, se calculó la media

---

<sup>1</sup><http://www.catastro.meh.es/>

<sup>2</sup> <http://www.amb.cat/es/web/area-metropolitana/dades-obertes/cataleg-opendata>

muestral y la distribución estándar muestral con el fin de asignar valores aleatorios a cada parcela catastral en base una distribución normal con estos datos. La media muestral y la desviación estándar muestral se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 1: Medidas estadísticas sobre los consumos energéticos en Rubí

Medida	Valor
Media	459.400.645 KWH
Desviación estándar muestral	33568482,93

A continuación, se presenta un diagrama que resume la fase de obtención de datos para el sistema geoespacial.



### Definición del sistema

Para desarrollar una buena infraestructura que soporte los datos es necesario definir el cómo se va a construir esta estructura. En el caso de este trabajo final, se utilizó la metodología de Entidad – Relación la cual responde a las necesidades tanto del tamaño del proyecto como de sus objetivos. Para el desarrollo de esta fase, se utilizó Open ModelSphere, un *software* gratuito que diseña diagramas de distintos tipos con la capacidad de exportación a programas de manejo de base de datos de diferentes empresas. En primer lugar, se desarrolló un modelo conceptual para definir todas las entidades necesarias para este proyecto.

Para esta base de datos se definió la creación de 6 entidades que se pueden clasificar en 4 grupos:

- ◁ **Alfanuméricos:** El primer grupo cuenta con 3 entidades que corresponden a los datos alfanuméricos que fueron entregados por el área de informática del ayuntamiento. Estos datos son separados en 3 tipos en base a la información que entregan: demográficos, catastrales y composición de la vivienda. Como se mencionó en los alcances, en una situación idónea donde el ayuntamiento tuviera un sistema de información interconectado estas 3 entidades (tablas) serían vistas (views) del sistema geoespacial. Para el caso de este trabajo de máster, se trabajó con estos registros con un formato de tablas independientes. Las tres entidades con sus respectivos campos se encuentran en el anexo 2.
- ◁ **Elementos espaciales:** El segundo grupo es sobre elementos espaciales. En un sistema geoespacial son muchos los formatos en los que se pueden almacenar los datos con referencia espacial. Algunos que almacenan las capas en un archivo independiente como Shapefile, GeoJSON entre los más populares u otros que almacenan la información en bases de datos como el Geodatabase de ESRI, el formato de objetos indexados de MongoDB o el utilizado en este caso, POSTGIS. La elección de POSTGIS, una extensión espacial de POSTGRESQL, se debe a que es gratuita y de código abierto por lo que disminuye el riesgo económico para implementar este tipo de iniciativas e incentiva el uso de *softwares* de código abierto, el cual va de la mano uno de los objetivos del ayuntamiento de Rubí el cual es incentivar proyectos replicables en otros ayuntamientos. En esta parte del sistema, se encuentra la entidad que cumple el rol de punto de conexión entre las otras entidades ya que al contar con el componente espacial de las parcelas catastrales es la que permite visualizar la información geográficamente. La estructura de este modelo permite que en proyectos futuros pueden agregar elementos espaciales más grandes como manzanas, barrios o distritos. Los campos de esta entidad se presentan en el anexo 3.
- ◁ **Energéticos:** El tercer tipo corresponde a los datos energéticos sobre el municipio. En este caso se plantea solo una entidad que vea el consumo

energético anual por habitante en cada parcela catastral. Como se explicó en la fase de recolección de datos, no se pudo contar con datos de consumo energético por lo que se simuló aleatoriamente el consumo eléctrico anual por habitante en base a la distribución normal del consumo eléctrico anual histórico del municipio de Rubí. Además, se crearon campos sobre el consumo del agua y del gas para futuros proyectos complementarios.

- ◁ **Estadísticos:** La última categoría, corresponde a los datos que genera la herramienta sobre la relación que tengan las variables de las parcelas catastrales con el consumo energético. Una explicación detallada sobre el cómo se genera el contenido de estos campos será explicado en el apartado de análisis estadístico. Los campos de esta entidad están en el anexo 4.

Estas 6 entidades componen la arquitectura del sistema geoespacial. En ese utilizó el código REFPAR como llave primaria en todas las tablas para conectarlas entre sí (excepto en la tabla campos la cual no necesita conectarse con las otras). Con esta definición se genera el modelo conceptual y el modelo lógico para visualizar la infraestructura de la base de datos y posteriormente exportarla al sistema de gestión de bases de datos. A continuación, se muestra el modelo conceptual del sistema.

Ilustración 4: Modelo conceptual del sistema de bases de datos

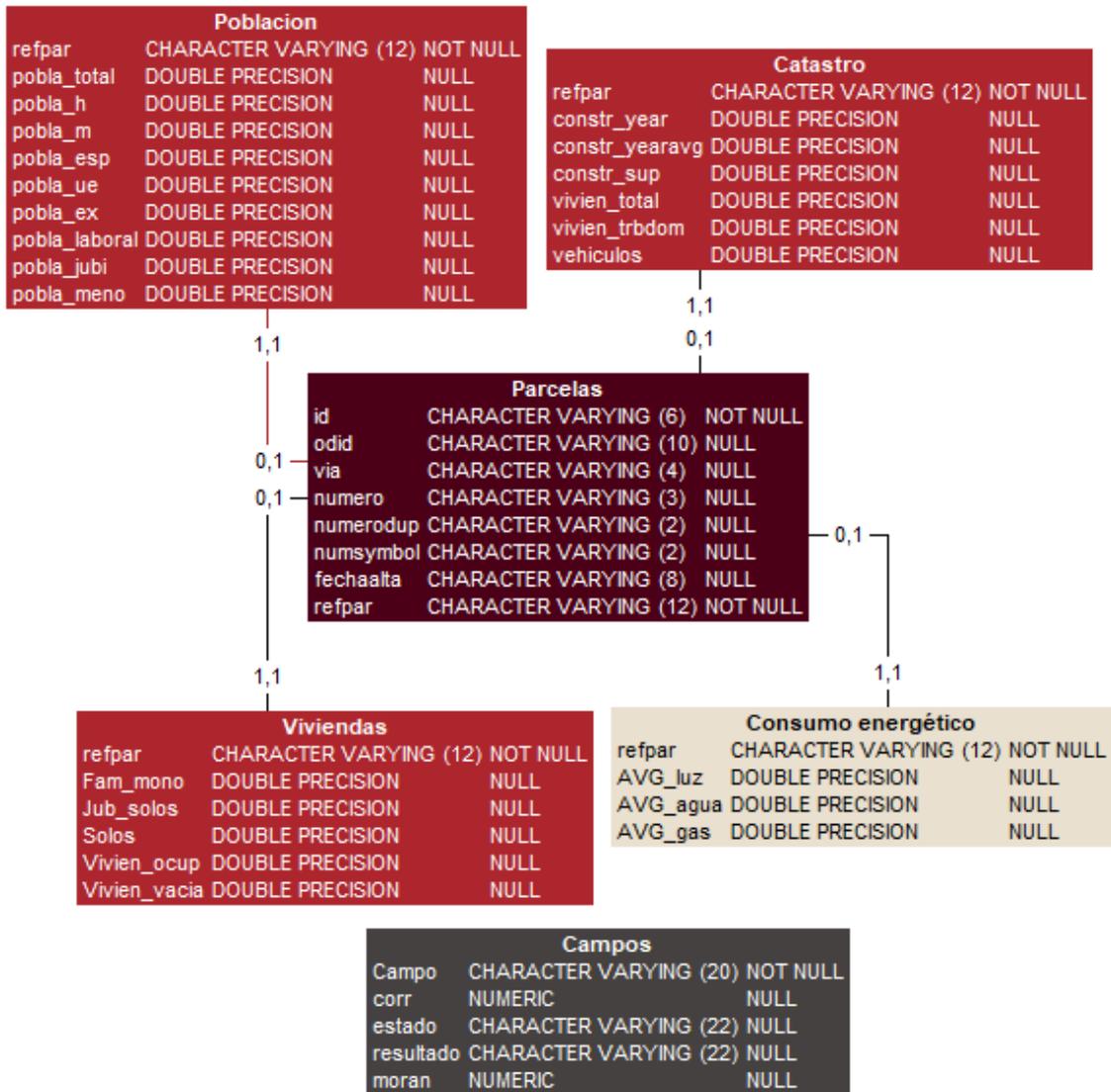


Tabla 2: Leyenda del modelo conceptual

Color	Tipo de entidad
	Entidades alfanuméricas
	Entidad espacial
	Entidad energética
	Entidad estadística

## Implementación del sistema

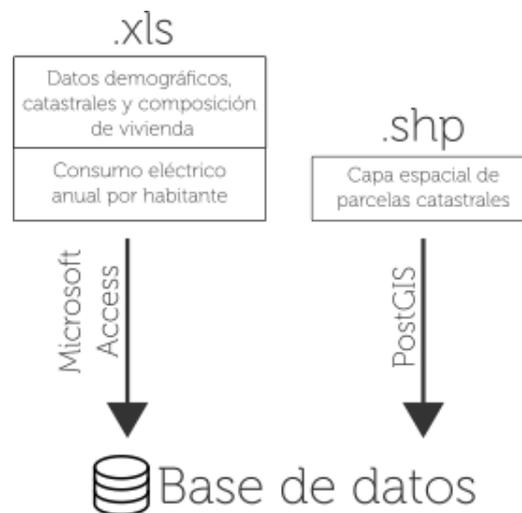
La migración del modelo lógico al modelo físico en la base de datos alfanumérica se realizó con una de las herramientas del *software* Open ModelSphere la cual permite exportar un fichero SQL personalizado para el gestor de base de datos, en nuestro caso PostgreSQL. Se utilizó este sistema de base de datos SQL debido a su complemento (Postgis) que soporta bases de datos espaciales y es compatible con el sistema de información QGIS, el cual utilizaremos como interfaz de este proyecto. Una vez definida la ubicación de la base de datos dentro del servidor, se carga el *script* .SQL para generar la base de datos.

## Carga de datos.

La carga de datos se hizo a través de dos herramientas:

- ◁ Los datos sin componente espacial se cargaron a través de Microsoft Access debido a que el formato de origen era en .xls
- ◁ Los datos con componente espacial se cargaron a través de un complemento que entrega POSTGIS para cargar capas en formato Shapefile a la base de datos.

Ilustración 5: Diagrama de carga de datos.



Con esto, el sistema de base de datos se encuentra habilitado para realizar consultas y operaciones.

## **Análisis estadístico**

El análisis de eficiencia energética que realiza la herramienta se basa en calcular como se relacionan los parámetros de las parcelas catastrales entregados por el ayuntamiento con el consumo eléctrico de cada parcela y si su disposición geográfica dentro del municipio de Rubí es relevante para abordar el problema desde un enfoque territorial. En base a esto se utilizaron dos técnicas estadísticas la correlación estadística y autocorrelación espacial para analizar cualitativamente los parámetros. A continuación, se explican las dos técnicas y como fueron empleadas dentro de la herramienta.

### **Correlación estadística**

Considerando al consumo energético y los parámetros de las parcelas catastrales (demográficos, catastrales y de composición de la vivienda) como dos conjuntos de datos con alguna relación lineal es posible formular una correlación estadística poblacional entre estos. La correlación estadística es una técnica para determinar la relación entre dos o más variables. En este caso, determinaremos la correlación de Pearson del consumo eléctrico anual por persona con cada uno de los parámetros de forma separada, así sabremos cual es la incidencia del valor de cada uno de los parámetros en el consumo eléctrico. La función estadística de la correlación de Pearson es:

Ilustración 6: Formula de la correlación de Pearson

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y},$$

Donde:

$\sigma_{XY}$  es la covarianza de (X,Y)

$\sigma_Y$  es la desviación estándar de la variable Y

$\sigma_X$  es la desviación estándar de la variable X

La correlación estadística se mide a través de un valor llamado el coeficiente de correlación. Su valor numérico varía entre los valores -1 y 1 lo cual entrega la fuerza de la relación. Cuando el coeficiente de correlación es cercano a -1 se refiere a una correlación inversa entre las variables, cuando el valor es cercano

a 1 se refiere a una correlación directa entre las variables y cuando el valor es 0 significa que las variables son independientes entre sí. Además, se puede categorizar la correlación en su grado de intensidad como se presenta en el siguiente gráfico.

Ilustración 7: Gráfico de intensidad de la correlación de Pearson



Para implementar este método estadístico en nuestra herramienta se la función corr perteneciente al lenguaje de consultas de POSTGRESQL. Se realizó esta función para cada uno de los parámetros con el consumo eléctrico. Una versión estándar del código utilizado se presenta a continuación.

Ilustración 8: Código SQL para la correlación de Pearson

```
SELECT corr (A.parametro, B.consumo)
FROM tabla_parametro A, tabla_consumo B
Where A.ID = B.ID
```

Ya con la correlación calculada para cada uno de los parámetros, fue necesario interpretar los resultados entregados por la consulta dándole un significado a cada uno de estos valores, este proceso se realizó a partir de la definición de criterios previos en base a la connotación económica que tienen los parámetros para el contexto de Rubí. En el sistema geoespacial explicado anteriormente, existe la entidad campos con un atributo llamado estado. En este atributo se define cual es la fuerza de la correlación que preocupa al usuario de la herramienta. Para esta versión de la herramienta se definieron 3 tipos de fuerza:

**+ (más):** Cuando la situación de alerta sea que la correlación de un valor positivo entre un parámetro que sea directamente proporcional al riesgo de vulnerabilidad económica y el consumo eléctrico. Como, por ejemplo, el caso de los jubilados que a mayor cantidad de jubilados en una parcela

catastral mayor es el riesgo de vulnerabilidad de esa parcela por lo que si la correlación entre ese parámetro y el consumo energético da positivo es una situación de alerta.

- **(menos):** Cuando la situación de alerta sea que la correlación de un valor negativo entre un parámetro que sea inversamente proporcional al riesgo de vulnerabilidad económica y el consumo eléctrico. Como, por ejemplo, el caso de la población en edad laboral que a menor cantidad de personas en edad laboral mayor es el riesgo de vulnerabilidad económica de esa parcela por lo que si la correlación entre ese parámetro y el consumo energético da negativo es una situación de alerta.

**Dif (indiferente):** Cuando una relación directa o inversa entre los parámetros y el consumo energético no implique una situación de riesgo energético.

Estos criterios, serán definidos por el usuario de la herramienta en base a su conocimiento sobre el contexto del territorio que se esté analizando. En el caso del ayuntamiento de Rubí se definieron previamente estos criterios (Anexo 5).

### **Correlación espacial.**

Para evaluar el comportamiento espacial que tienen los parámetros observados y permitir a los usuarios definir si los proyectos tienen que considerar un enfoque geográfico o no es necesario estimar una relación entre cada elemento espacial y sus vecinos. Estas dudas se resuelven de forma cuantitativa a través de la estadística espacial.

La estadística espacial es una de las disciplinas dentro de la estadística que trata el análisis con una base geográfica. Es importante entender que la estadística espacial no son técnicas estadísticas generales aplicadas a la geografía, sino que crea nuevos métodos para analizar situaciones estadísticamente en base a un principio espacial.

Uno de los métodos fundamentales de la estadística espacial es el de la autocorrelación espacial, que analiza la dependencia o independencia que hay en una variable entre distintos elementos espaciales. En el contexto de este trabajo final, es necesario determinar la presencia de clúster o agrupaciones

espaciales dentro de las variables en la base de datos. La autocorrelación espacial se puede definir como la similitud espacial que se une con la similitud de valores. Con esto, podemos observar si valores similares tienden a agruparse en espacios vecinos (autocorrelación espacial positiva) o como estos se reparten uniformemente en el territorio (autocorrelación espacial negativa). Para medir esto con los parámetros del ayuntamiento de Rubí se utilizó el I de Moran, el cual su fórmula es la siguiente:

Ilustración 9: Formula del I de Moran

$$I = \frac{N}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}$$

Donde:

N es el número de unidades indexados por i y j.

X es la variable de interés.

$\bar{X}$  es la media de X.

$w_{ij}$  es un peso de un elemento en una matriz.

El I de Moran entrega un valor entre -1 y 1, siendo menos uno (-1) una distribución uniforme en el territorio de la variable, uno (1) una dependencia total del territorio y cero (0) una distribución aleatoria. Para el caso de este trabajo final, podemos ver si los parámetros con una correlación de interés para analizar la eficiencia energética tienen un factor espacial a considerar o no.

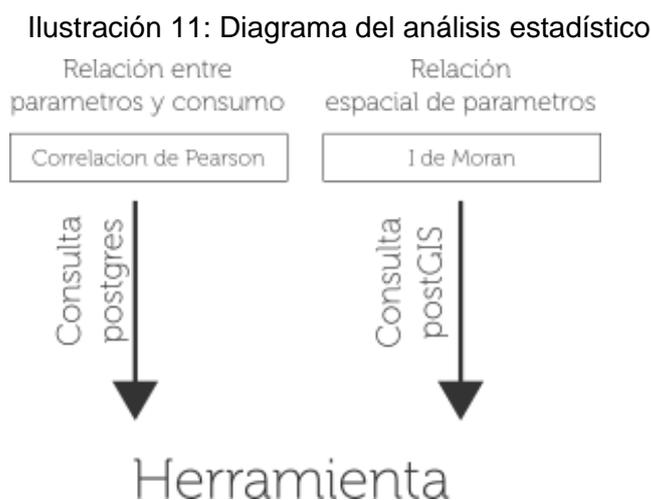
Para aplicar este método estadístico a nuestra herramienta, se utilizó la interpretación de Lembo (2014). La cual plantea la fórmula para I de Moran como una consulta de POSTGIS. Con la adaptación a nuestros propios datos queda de la consulta POSTGIS:

Ilustración 10: Condigo PostGIS para el I de Moran

```
SELECT corr(a.parametro, b.parametro)
FROM capa_parametro AS a, capa_parametro AS b
WHERE st_touches(a.geometry, b.geometry)
AND a.refpar <> b.refpar
```

Donde calcula una correlación de los parámetros entre un elemento espacial con sus vecinos siempre que estos se toquen y no sean el mismo elemento observado.

Con estas herramientas estadísticas es posible observar de manera cuantitativa el comportamiento de los parámetros con respecto al consumo eléctrico. A continuación, se presenta un diagrama que resume este proceso.



### Interfaz y usabilidad

La tercera área corresponde a la forma de interacción que tiene el usuario con el sistema geoespacial y el cómo aplicará las distintas técnicas de análisis estadístico. Para esto, es necesario tener una interfaz que se adapte al perfil del usuario de la herramienta. Este perfil de usuario está diseñado en base a una persona que tenga manejo básico en sistemas de información geográfica, capacidad analítica y conocimientos básicos sobre la gestión de datos, eficiencia energética y pobreza energética.

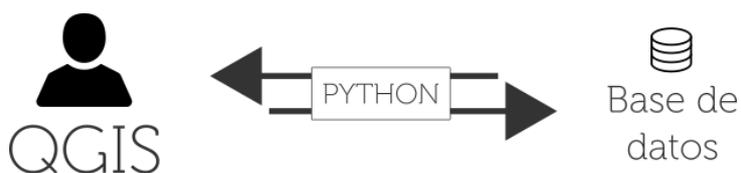
Al ser la primera versión de esta herramienta, el enfoque de desarrollo estuvo en la funcionalidad de la herramienta teniendo como interfaz principal un *software* complementario.

La interfaz para el usuario fue realizada con el sistema de información geográfica de escritorio QGIS. La elección de esta herramienta se debe a su carácter gratuito, su capacidad de conectar información desde distintas fuentes y la gran

vitrina de complementos que posee para realizar funciones. Actualmente se encuentra disponible la versión 3.0 del *software*, pero en el caso de este trabajo final, se utilizó la versión 2.18 debido a la nueva versión todavía no cuenta con todos los complementos disponibles.

Para que el uso de la herramienta no requiera conocimientos de base de datos, consultas SQL y conocimientos estadísticos. Se desarrolló un *script* en lenguaje Python que actúa como medio de interacción entre el usuario y la base de datos. Python es un lenguaje de programación multiparadigma diseñado en 1991 por Guido van Rossum el cual hace hincapié en tener un formato legible. Este *script* genera nuevas vistas espaciales e información estadística sobre los datos demográficos, catastrales y de composición de la vivienda con el consumo eléctrico por cada parcela. A continuación, se muestra un diagrama sobre cómo se relaciona el usuario y la base de datos.

Ilustración 12: Diagrama del uso de Python



### Librerías y complementos

Para la creación del *script* de Python que interactuará entre la base de datos y el usuario fue necesario utilizar librerías y complementos. Las librerías y complementos se utilizan en la programación para facilitar funciones complejas que permitan economizar código y trabajo para el programador. Los complementos y librerías utilizados en este trabajo final fueron:

### PyQGIS

QGIS está desarrollado en el lenguaje de programación C++. Debido a una facilidad generada por su biblioteca es posible la integración entre esta plataforma y Python. PyQGIS es la mezcla entre Python y QGIS la cual tiene como objetivo generar aplicaciones (complementos) en QGIS desde un lenguaje sencillo como lo es Python.

## Qt 5.11

Este complemento trabaja con distintos lenguajes para crear frameworks y facilitar la comunicación que el usuario final. Para este proyecto, será utilizado para crear cuadros de diálogos con el usuario y mejorar la usabilidad.

## Psycopg

Este adaptador sirve para conectar Python con PostgreSQL y así acceder a la base de datos, ingresar datos y realizar consultas. Para este proyecto, fue utilizado para crear nuevas capas y realizar las operaciones estadísticas.

En base, a estas herramientas se desarrolló el *script* que interactúa con la base de datos y el usuario para crear vistas para cada uno de los parámetros trabajados.

## Estructura del *script* Python

Con las librerías y complementos especificados, es posible comenzar la programación del *script*. Si bien el código se ejecuta de forma lineal, las funciones utilizadas dentro del *script* no responden a esta lógica por lo que para explicar los distintos tecnicismos del lenguaje y cómo se comportan en él *script* se realizará una descripción por tipo de función en la estructura desarrollada en el *script* (anexo 6). Los tipos de funciones son los siguientes:

- ◁ **Importe de librerías:** Se importan las librerías para ser utilizadas en el *script*.
- ◁ **Cuadros de dialogo:** Se crearon distintos cuadros de dialogo para interactuar con el usuario y agregar variables temporales para la ejecución.
- ◁ **Conexión con la base de datos:** Se conecta el *script* a la base de datos y se habilita para hacer consultas e insertar datos.
- ◁ **Consultas estadísticas:** Se generan las consultas estadísticas para todas las variables creando los datos mencionados en el apartado anterior.
- ◁ **Verificación de datos:** Se analizan los datos creados automáticamente con las restricciones entregadas por el usuario para filtrar la creación de nuevas vistas.

- ◁ **Creación de vistas:** Se crean las vistas para los parámetros que cumplan con los criterios especificados por el usuario.

Con el *script* desarrollado se completa el diseño e implementación de la herramienta en la cual ya el usuario puede interactuar sobre la información.

## **Resultados**

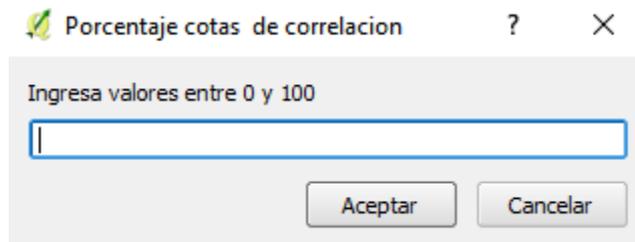
La herramienta desarrollada para este trabajo final busca ser un aporte para la etapa de análisis de proyectos energéticos en el equipo de Rubí Brilla. Los resultados generados por este trabajo final serán divididos en dos partes. La primera, será demostración sobre el uso del *script* desarrollado el cual comprende todo el trabajo estadístico y de explotación en la base de datos a través de consultas. La segunda parte, será una simulación de resultados obtenidos observando los índices generados para cada parámetro y los mapas que se crean a partir de las vistas de algunos parámetros.

## **Uso del *script***

El primer paso para utilizar la herramienta es ejecutar el *script*. Este *script*, es posible ejecutarlo en la consola de Python habilitada en QGIS. Al momento de ejecutar el archivo, solicitará al usuario ciertos criterios e información para completar su ejecución a través de ventanas de dialogo. Los criterios solicitados al usuario son:

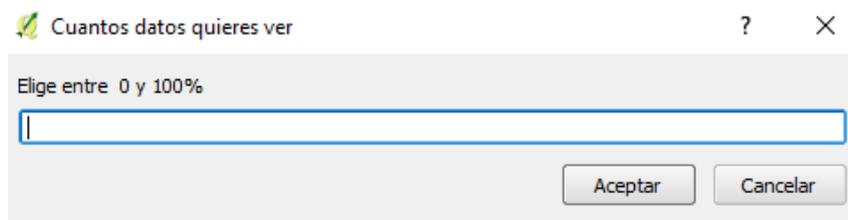
- ◁ **Porcentaje de aceptación de la correlación:** En este cuadro de dialogo el usuario tiene que definir a través de un porcentaje, cuanta es el rango por tolerar sobre una relación perfecta entre las variables. Al definir este criterio, el *script* solo creará las vistas espaciales para los parámetros que tengan su correlación con el consumo energético dentro del rango. Los porcentajes tienen que ser ingresados solo con el valor numérico.

Ilustración 13: Cuadro de dialogo para la cota de correlación



- Porcentajes de parcelas catastrales: En este cuadro de dialogo, el usuario define a través de un porcentaje la cantidad de parcelas quiere visualizar en base al total de parcelas catastrales. El objetivo de este criterio es acotar el número de parcelas a un número previamente definido para mejorar el análisis.

Ilustración 14: Cuadro de dialogo para el porcentaje de parcelas catastrales



- Restablecer criterios de estados: En este cuadro de dialogo, el usuario define si quiere o no restablecer el valor de los estados, los cuales fueron explicados en el apartado de análisis estadístico. La respuesta que ingresar puede ser si o no. Si el usuario escribió la opción si, aparecerá un cuadro de dialogo para cada uno de los parámetros donde el usuario tendrá que definir el nuevo estado (+, - o dif).

Ilustración 15: Cuadro de dialogo para restablecer los criterios

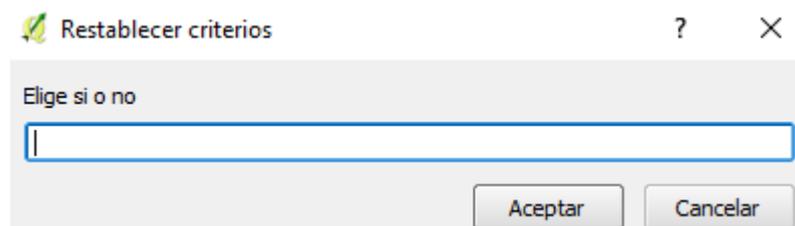
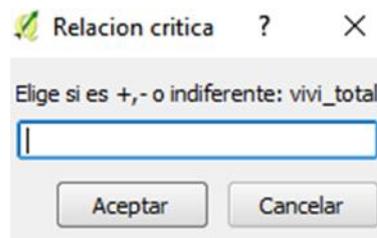


Ilustración 16: Cuadro de dialogo para restablecer un criterio de un parámetro.

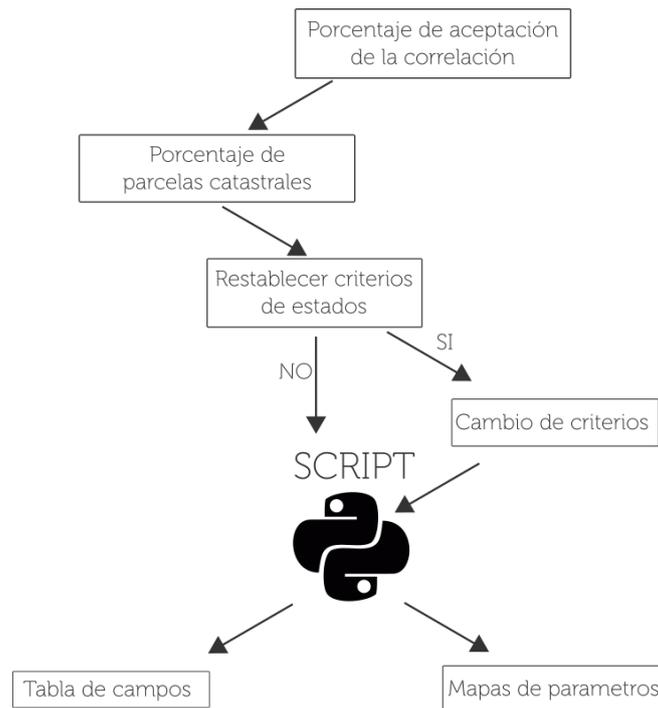


Al completar los últimos cuadros de dialogo el *script* comienza a generar las vistas e índices y los guarda en la base de datos. Los elementos que crea el *script* son dos:

- ◁ Datos en tabla campos: En la tabla campos de la base de datos, se actualizan todos los nuevos sobre los parámetros y sus nuevas relaciones en base a los criterios definidos por el usuario. Toda esta información estadística sirve para que los usuarios puedan interpretar los datos y tomar distintas decisiones en base a estos, como, por ejemplo, comparar los I de moran entre los distintos parámetros para evaluar en cuales la distribución espacial tiene mayor peso.
- ◁ Vistas espaciales de parámetros: Para cada uno de los parámetros que cumplan con los criterios de la correlación dentro del rango definido por el usuario se creará una vista espacial con el número de parcelas definidas en los campos de dialogo. Estas parcelas fueron seleccionadas en base a si la correlación era positiva o negativa ordenando los datos de forma descendente o ascendente, respectivamente.

Así la ejecución del *script* se visualiza como el siguiente diagrama.

Ilustración 17: Diagrama del ingreso de datos del *script*



Ya con el *script* ejecutado es posible acceder a las distintas capas por cada uno de los parámetros y poder visualizar la información que sea de interés para el usuario.

### Caso de uso

Con el fin de demostrar la usabilidad de la herramienta en este trabajo final, se realizó un caso de uso sobre los resultados que entrega la herramienta. Es necesario recordar que al no contar con el consumo eléctrico real de cada parcela esta simulación no podría ser utilizada para el análisis sobre Rubí. No obstante, el objetivo de este trabajo final es el desarrollo de una herramienta funcional por lo que el demostrar la usabilidad de esta daría por logrado el objetivo. El primer paso para visualizar los resultados de este caso de uso es definir los criterios a utilizar en el *script*. continuación, se especifican los criterios utilizados para este caso de uso.

Tabla 3: Tabla de los criterios establecidos para el caso de uso

<b>Criterio</b>	<b>Parámetro establecido</b>
Porcentaje de aceptación de la correlación	100%
Porcentaje de visualización de parcelas catastrales	5%
Cambio en los estados sobre la correlación	No

En el caso del porcentaje de aceptación de la correlación se estableció un 100% de aceptación debido a que la correlación entre los parámetros y el consumo eléctrico no tiene ninguna relación ya que fue obtenido a través de un valor aleatorio como se especifico en la recolección de datos. El porcentaje de visualización fue decidido de manera arbitraria para mostrar el caso más importante de todas las parcelas. Los estados sobre la correlación un fueron modificados ya que los establecidos de manera predeterminada respondían a la relación de los parámetros en el municipio.

Ya con los criterios establecidos y el *script* ejecutado, la herramienta entrega los siguientes resultados

#### **Tabla con indicadores estadísticos**

El *script* genera los valores de la correlación de Pearson, el resultado con respecto al estado establecido y el I de moran para cada uno de los parámetros. Como se dijo anteriormente, la correlación entre los parámetros es cercana al 0 debido al carácter aleatorio de los consumos eléctricos como lo vemos en la tabla resultante.

Tabla 4: Tabla de los campos y resultados de la entidad Campos

	campo	corr	estado	resultado	morgan
1	pobla_ue	0.02	-	estable	0.549355199317
2	pobla_ex	0.02	+	precaucion	0.529415570284
3	pobla_labo	0.03	-	estable	0.436597718668
4	pobla_jubi	0.02	+	precaucion	0.393825485133
5	pobla_meno	0.02	+	precaucion	0.414128656442
6	famm	0		indiferente	0.815855804442
7	jubs	0.02	+	precaucion	0.562547804588
8	solo	0.02	-	estable	0.365254067261
9	vivi_total	0.02	dif	indiferente	0.534962415708
10	vivi_trbdom	0.02	dif	indiferente	0.469026819477
11	pobla_tot	0.03	dif	indiferente	0.437808604054
12	vivio	0.02	dif	indiferente	0.512447330461
13	viviv	0.02	dif	indiferente	0.60366119887
14	const_y	0.02	+	precaucion	0.217876896412
15	const_yavg	0.01	+	precaucion	0.198907784545
16	const_sup	0.02	-	estable	0.411267017281
17	vehi	0.02	-	estable	0.451703197327
18	pobla_h	0.03	-	estable	0.40880655757
19	pobla_m	0.02	+	precaucion	0.448972261041
20	pobla_esp	0.03	-	estable	0.449755842212

Los I de Moran por otra parte tienden a tener un valor positivo pudiendo visualizar algún comportamiento de agregación entre ciertos parámetros como las familias monoparentales, jubilados solos o las viviendas vacías.

### Vistas espaciales

Para la visualización de las vistas espaciales se utilizará el *software* QGIS. Es importante establecer que el usuario de esta herramienta debe tener algún conocimiento básico de sistemas de gestión geográfica.

Para ver este caso de uso solo se visualizarán algunas de las vistas espaciales. La selección se hizo a partir de ver las vistas que podrían entregar más información sobre el estado de alguna zona en el municipio. Las vistas seleccionadas fueron:

Tabla 5: Tabla de las vistas generadas para el caso de uso

<b>Vistas</b>
Población extranjera (fuera de la unión europea)
Mujeres
Población jubilada
Menores de 19 años

En base a estos mapas generados, el usuario puede realizar distintos geoprocursos para evaluar y entrelazar otras fuentes de información como capas ráster sobre condiciones del suelo o la temperatura en cada mes para cada sector. La idea es generar recursos que estén a disposición del usuario para adaptarlo a las necesidades de cada proyecto. A continuación, se presentarán los mapas con una breve interpretación de la información que entrega.

### **Población Extranjera**

La mayoría de la población extracomunitarios que viven en Cataluña, presentan condiciones de vulnerabilidad económica. Esto implica que los sectores que tengan más extranjeros extracomunitarios son sectores que tengan una situación más precaria que el resto del municipio.

En el siguiente mapa se puede observar que la población extracomunitaria se concentra mayormente en las cercanías de la estación de ferrocarril, aunque existen otros sectores con presencia como el sector cercano a la carrer Santa Fe.



Ilustración 19: Mapa de la población de mujeres en Rubí

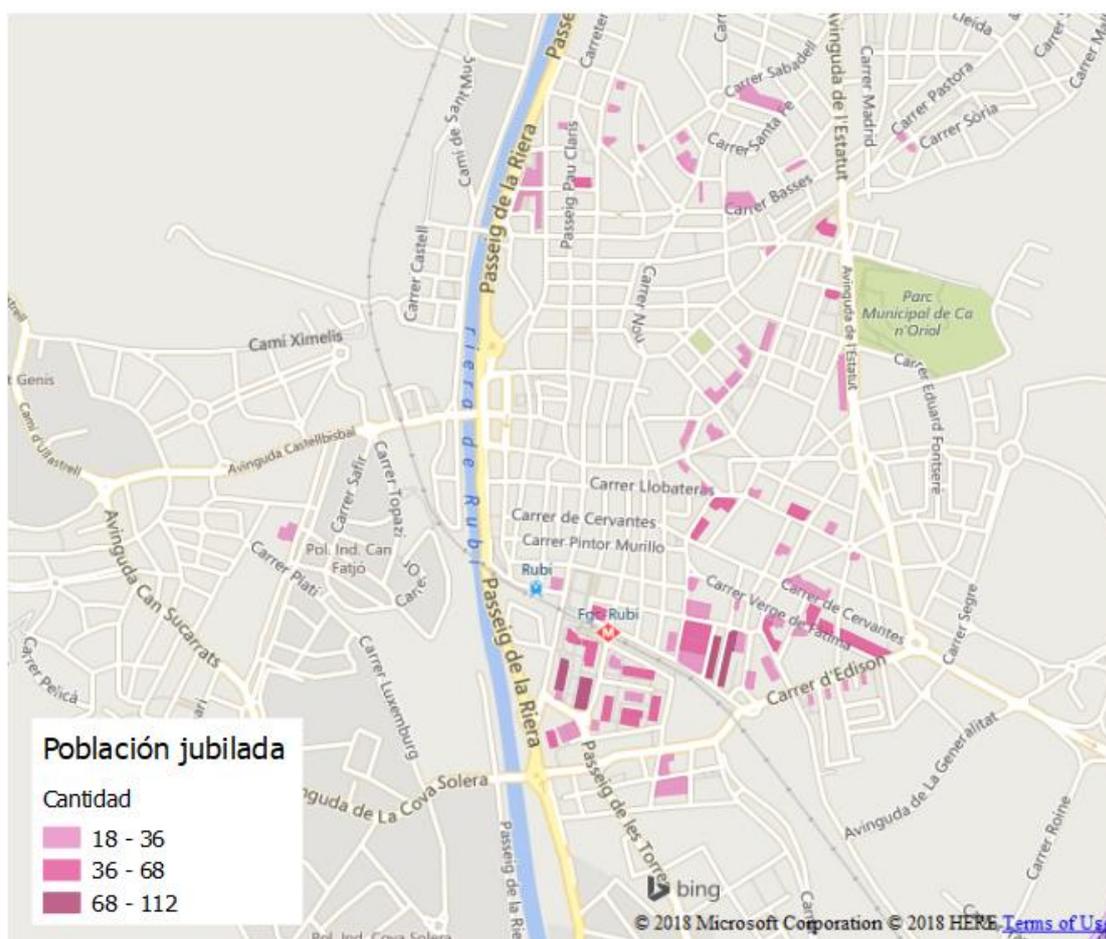


### **Población Jubilada**

Las personas que tienen como único ingreso las pensiones son uno de los grupos que se ven más expuestos a la pobreza energética. Además de la situación económica, los cuidados que tienen que tener las personas mayores son más caros. Esto hace de la población jubilada un grupo importante para las políticas locales.

En el siguiente mapa se puede observar que la población Jubilada se encuentra en un amplio sector cercano a la carrer de Edison y a la estación de ferrocarril. Si bien hay otras parcelas marcadas en el territorio, la mayor se encuentra en el mismo lugar que la población extranjera y las mujeres.

Ilustración 20: Mapa de la población jubilada en Rubí



### **Población menores**

Otro de los grupos etarios que presentan una situación más vulnerable que la media son los menores. Al no tener en su mayoría fuentes de ingresos para mantenerse implican un gasto extra para el sostenedor familiar.

En el siguiente mapa se puede observar que si bien las mayores concentraciones se encuentran en sectores distintos a los mapas anteriores igual presentan una población considerable cercana a la estación de ferrocarril.

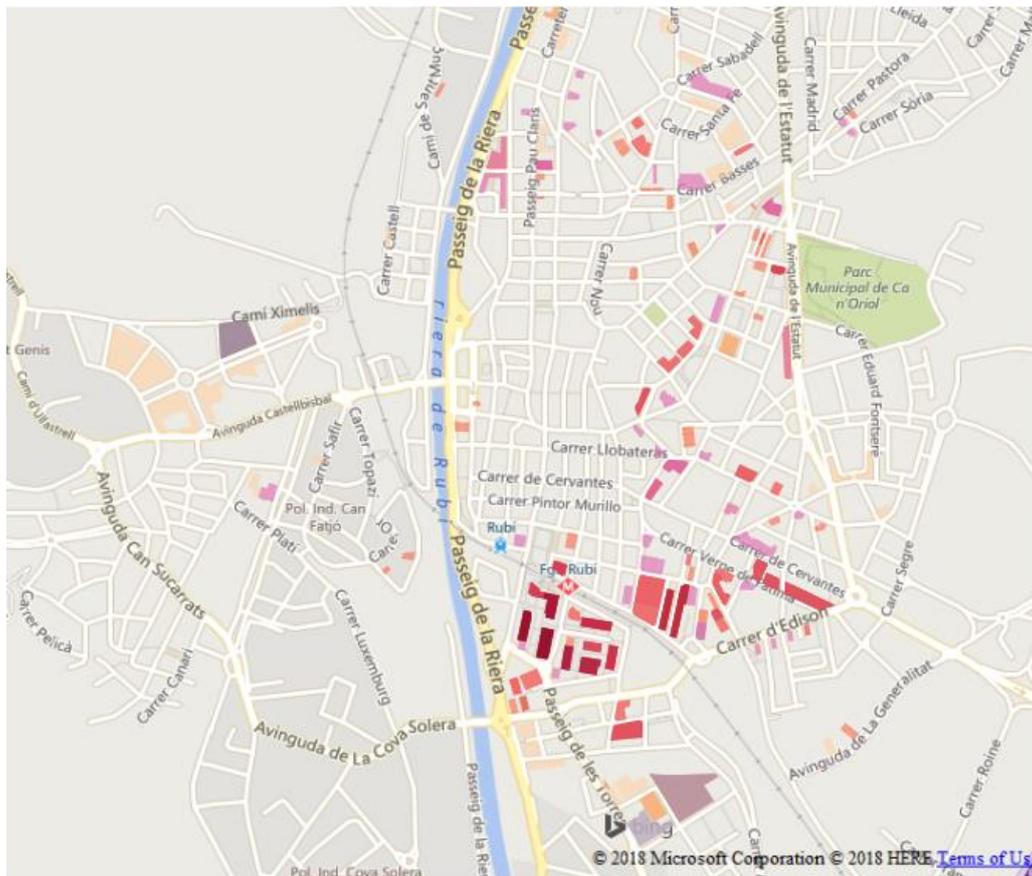
Ilustración 21: Mapa de la población menor a 19 años en Rubí



### Cruce de capas

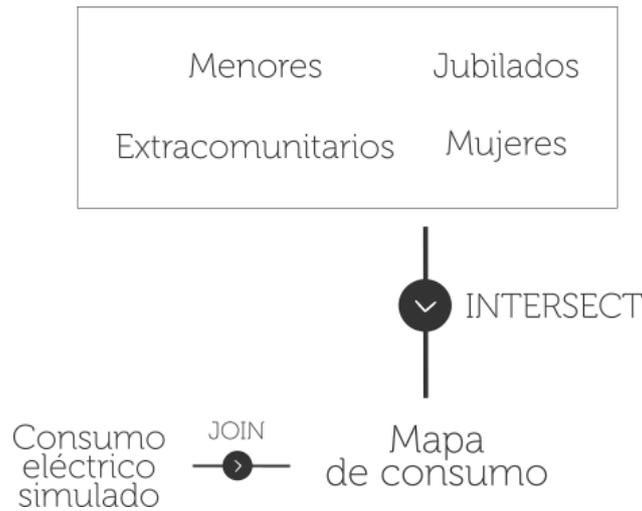
Al sobreponer las anteriores 4 capas se puede observar una zona donde se concentran todos los parámetros críticos mencionados anteriormente. La zona cercana a la estación de ferrocarril es la que presenta un punto crítico en base a estos parámetros. Con esta información, el equipo de Rubí brilla puede analizar si alguno de estos parámetros tiene una influencia en el alto consumo eléctrico para implementar un programa o proyecto con foco específico en esa zona.

Ilustración 22: Sobreposición de capas sobre extranjeros, mujeres, jubilados y menores de 19 años en Rubí



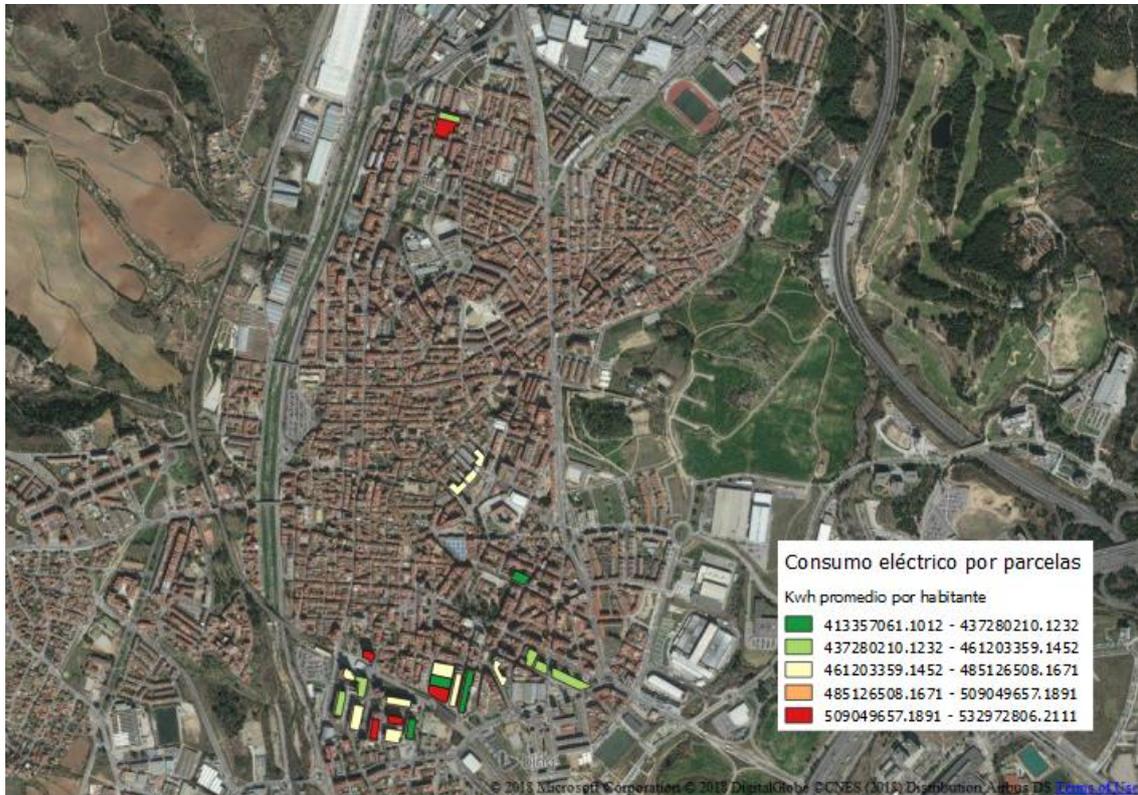
Cuando el ayuntamiento logre tener en su poder los datos sobre el promedio del consumo eléctrico por habitante separado en parcelas catastrales, nivel de morosidad en los pagos de energía u otra información que indique una vulnerabilidad energética se podrán crear análisis más complejos. Para ilustrar este caso se generó un mapa en base a la intersección de los 4 parámetros anteriormente trabajados y cruzando estas parcelas catastrales con su consumo eléctrico simulado, esto con el fin de visualizar un posible producto/servicio que tendría esta herramienta. En el siguiente diagrama se muestran los geoprocamos realizados:

Ilustración 23: Diagrama de los geoprocursos para obtener el mapa de consumo



Con estos geoprocursos se obtiene un ejemplo sobre el mapa del consumo eléctrico en las parcelas críticas de los parámetros establecidos. Este es una de las posibles soluciones a obtener a través de la herramienta desarrollada la cual genera conocimiento para el desarrollo de programas energéticos

Ilustración 24: Mapa sobre el consumo eléctrico simulado en la intersección de extranjeros, mujeres, jubilados y menores de 19 años en Rubí



## **Conclusiones**

Este trabajo final acerca la tecnología y la información que diariamente se genera en la ciudad a la gestión pública. Hoy en día, el uso de la tecnología en el sector público está muy poco desarrollada en comparación con el sector privado. La falta de recursos para invertir en I+D, la capacitación técnica de los funcionarios y las contingencias que se presentan a diario dificultan el desarrollo de la transformación digital en los gobiernos. El objetivo de este trabajo final fue diseñar e implementar una herramienta que acercara el análisis sobre datos de vivienda y habitantes en temas de pobreza energética al equipo de Rubí Brilla, el cual se ha cumplido a cabalidad logrando implementar un primer prototipo de un sistema de información geográfica en el equipo de Rubí Brilla aportando en los objetivos estratégicos de esta iniciativa. El trabajar con un sistema de información que tenga como fuente de información una base de datos genera un avance en la eficiencia y en la optimización del tiempo del equipo. El conectar toda la información de manera simultánea disminuye el tiempo de los procesos burocráticos que tanto afectan al sector público. Otro punto importante, es el carácter replicable de la herramienta, el cual no solo puede ser utilizada para analizar situaciones relacionadas con la electricidad sino entregar una información sobre otras fuentes energéticas como el gas, agua o energías renovables y también sobre el comportamiento del territorio en otras temáticas como la movilidad, higiene, comercio, espacios verdes, entre otros.

Con respecto al enfrentar el desafío energético desde un enfoque de evaluación ex ante, ayuda a que los proyectos ejecutados tanto por el municipio como por otras instituciones respondan a reales necesidades del contexto. La pobreza energética es una crisis real que cada día será más importante resolver y mitigar debido al crecimiento de las ciudades, la globalización y las consecuencias de la tecnología. Como recomendaciones para un trabajo futuro sobre este trabajo final de máster se recomienda el desarrollo de una interfaz web para involucrar a la ciudadanía y otros actores en el análisis de la problemática para tener una visión más completa de los problemas que afectan a la comunidad. Otro punto importante que considerar en el futuro, es la interconectividad del sistema, el cual si se logra vincular tanto datos internos del municipio automatizados como información externa de datos a través de APIs u otros métodos de conexión se

puede lograr un sistema más robusto que logre dar análisis más completos y acertados sobre la situación energética de cada comunidad. El tercer punto es la constante actualización a las tecnologías. Los sistemas de bases de datos SQL si bien hoy en día son los sistemas de almacenamiento de datos más populares cuentan con distintas limitantes. Herramientas como Mongo DB y otros lenguajes denominados NoSQL se presentan como una futura alternativa para el desarrollo tecnológico que está viviendo el mundo, ya que las cantidades de datos generadas por el Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) generaran cantidades masivas de datos y se necesitan herramientas capaces de gestionar y utilizar tanta información. Otro punto que considerar es el rol que tiene que tener el sector privado en el ecosistema de datos abiertos queda expuesto en este trabajo final que fue condicionado a la no existencia de información sobre el consumo energético, es de carácter prioritario lograr sistematizar información para que el sector académico, publico y privado puedan hacer iniciativas considerando toda la información disponible<sup>4</sup>. Como última parte, agradecer el profesionalismo y la vocación de los tutores de trabajo final que buscan mejorar las políticas públicas y los nuevos desafíos que presentan las ciudades cuestionando constantemente la realidad social y buscando aprender nuevas herramientas para afrontar estos problemas.

---

<sup>4</sup> <http://www.perfilciutat.net/articles/opendata-obrir-les-dades-de-les-empreses-de-serveis-publics-tambe-iii>

## **Bibliografía**

Boardman, B. (1991): Fuel poverty: from cold homes to affordable warmth, Belhaven Press, London.

Bouzarovski, S. y Petrova, S. (2015): "A global perspective on domestic energy deprivation: Overcomin

Devalière, I. (2009): De l'inconfort thermique à la précarité énergétique, profils et pratiques des ménages pauvres», Informations sociales, (5), 90-98.

Dossier Economistas sin Fronteras N° 24, invierno 2017: La Energía: Retos y problemas. Madrid.

Nunes, Joan I Badia, Ana (2018) Sistemes d' Informacio Geogràfica. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya.

Olaya, V (2014). Sistemas de Información Geográfica. España.

Sweeney, S. (2014): "Hacia una democracia energética", en Worldwatch Institute (Ed.), La situación del mundo 2014. Gobernar para la sostenibilidad (pp. 319-336), FUHEM Ecosocial – Icaria, Barcelona.

## Anexos

### Anexo 1: Consumo eléctrico anual por habitante en el municipio de Rubí

Consumo eléctrico por habitante	
Año	Kwh
2001	403804159
2002	391567071
2003	456745219
2004	472300362
2005	497766473
2006	499582812
2007	489243010
2008	478591883
2009	451666621
2010	458965699
2011	463520871
2012	449053555

### Anexo 2: Grupo alfanumérico de entidades

Población: Los datos de población son el conteo que existe respecto a una parcela específica.

Campo	Descripción
Refpar	Id de parcela
pobla_tot	población total
pobla_h	población de hombres
pobla_m	población de mujeres
pobla_esp	población española
pobla_ue	población comunitaria
pobla_ex	población extracomunitaria
pobla_labo	población en edad laboral
pobla_jubi	población jubilada
pobla_meno	población menor de edad

Catastro: son los datos que tenemos sobre las características de la parcela y sus construcciones

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
Refpar	Id de parcela
vivi_total	viviendas totales
vivi_trbdom	viviendas que tributan
const_y	años de construcción
const_yavg	último año de construcción
const_sup	superficie de construcción
Vehi	cantidad de vehículos en la parcela

Viviendas: Características de las composiciones familiares y de viviendas que tiene cada parcela.

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
Refpar	Id de parcela
famm	familias monoparentales
jubs	jubilados que viven solos
solo	cantidad de personas que viven solos
vivio	viviendas ocupadas
viviv	viviendas vacías

### **Anexo 3: Entidad y atributos de la parcela catastral**

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
ID	Id de la dirección nacional de catastro
OID	Id de la dirección nacional de catastro
Via	Calle en formato numérico
Numero	Numero de portal de la parcela
Numerodup	Identificador para saber la orientación de la parcela

Numsymbol	Símbolo extra del portal de la parcela
Fechaalta	Fecha de alta para la información
Repar	Id utilizado para este sistema de información

#### Anexo 4: Entidad Campos y sus atributos

Campo	Descripción
Campo	Campo que se compara con el consumo eléctrico
Corr	Correlación lineal entre el campo y el consumo eléctrico
Estado	Estado base sobre el campo en base a su correlación
resultado	Identificador del resultado de la correlación en base al uso de la herramienta
Moran	I de Moran que calcula la autocorrelación espacial del campo

## Anexo 5: Estados predefinidos para cada campo

Campos	Estado
pobla_tot	dif
pobla_h	-
pobla_m	+
pobla_esp	-
pobla_ue	-
pobla_ex	+
pobla_labo	-
pobla_jubi	+
pobla_meno	+
vivi_total	dif
vivi_trbdom	dif
const_y	+
const_yavg	+
const_sup	-
Vehi	-
famm	+
jubs	+
solo	-
vivio	dif
viviv	dif

## Anexo 6: Script Python de la herramienta

```
import psycopg2
from PyQt4.QtGui import QDialog
cotas_respuesta = QDialog.getText(None, 'Porcentaje cotas de correlacion', 'Elige entre 0 y 100%')
rango = 1-(float(cotas_respuesta[0])/100)
rangoi = -rango
limites_respuesta = QDialog.getText(None, 'Cuantos datos quieres ver', 'Elige entre 0 y 100%')
```

```

porcentajelimite = float(limites_respuesta[0])/100

conn = psycopg2.connect("dbname='TFM' host='localhost' user='postgres'
password='0802.cqo'")
curcampos = conn.cursor()
cur= conn.cursor()
#correlaciones antiguedad

sqlcontar = """SELECT count(*) from parcelas;"""
cur.execute(sqlcontar)
result = cur.fetchone()
contar = result[0]
limite = round(contar*porcentajelimite)
sqlporcentaje = """SELECT campo from campos;"""
curcampos.execute(sqlporcentaje)
listacampos = curcampos.fetchall()
reset_respuesta = QDialog.getText(None, 'Restablecer criterios', """Elige
si o no""")
reset = reset_respuesta[0]

for row in listacampos:
    sql = """SELECT round( cast(corr(%s, avgl ) as numeric), 2 ) from catastro c,
consu co, vivi v, pobla p where c.refpar = co.refpar and co.refpar = v.refpar
and p.refpar = co.refpar;"""%(row[0])
    cur.execute(sql)
    result = cur.fetchone()
    corr = result[0]

    insercorr = """UPDATE campos set corr = %s where campo =
'%s'"""%(corr,row[0])
    cur.execute(insercorr)
    if reset=='si':

```

```

estado_respuesta = QDialog.getText(None, 'Relacion critica', ""Elige
si es +, - o indiferente: %s""%(row[0]))
estado = estado_respuesta[0]
insestado = ""UPDATE campos set estado = '%s' where campo =
'%s'""%(estado, row[0])
cur.execute(insestado)
positivop = ""UPDATE campos set resultado = 'precaucion' where campo =
'%s' and estado = '+' ""%(row[0])
negativop = ""UPDATE campos set resultado = 'precaucion' where campo
= '%s' and estado = '-' ""%(row[0])
view1 = ""create or replace view %s as SELECT p.*, %s FROM parcelas p
INNER JOIN catastro c ON c.refpar = p.refpar INNER JOIN vivi v ON v.refpar
= p.refpar INNER JOIN pobla po ON po.refpar = p.refpar ORDER BY %s
DESC limit %s; "" %(row[0],row[0],row[0],limite)
postivoe = ""UPDATE campos set resultado = 'estable' where campo = '%s'
and estado = '-' ""%(row[0])
negativoe = ""UPDATE campos set resultado = 'estable' where campo =
'%s' and estado = '-' ""%(row[0])
indiferente = ""UPDATE campos set resultado = 'indiferente' where campo
= '%s'""%(row[0])
view2 = ""create or replace view %s as SELECT p.*, %s FROM parcelas p
INNER JOIN catastro c ON c.refpar = p.refpar INNER JOIN vivi v ON v.refpar
= p.refpar INNER JOIN pobla po ON po.refpar = p.refpar ORDER BY %s
ASC limit %s; "" %(row[0],row[0],row[0],limite)
morgan = ""SELECT corr(a.%s, b.%s) FROM %s AS a, %s AS b WHERE
st_touches(a.geometry, b.geometry) AND a.id <> b.id
""%(row[0],row[0],row[0],row[0])

#corr = 2
if corr>rango:
cur.execute(view1)
cur.execute(positivop)
cur.execute(negativoe)

```

```
cur.execute(morgan)
morgan_r = cur.fetchone()
insert_morgan = """UPDATE campos set morgan = %s where campo =
'%s'"""%(morgan_r[0],row[0])
cur.execute(insert_morgan)
print "superior"
elif corr < rangoi:
cur.execute(view2)
cur.execute(negativo)
cur.execute(positivoe)
cur.execute(morgan)
morgan_r = cur.fetchone()
insert_morgan = """UPDATE campos set morgan = %s where campo =
'%s'"""%(morgan_r[0],row[0])
print "inferior"
cur.execute(insert_morgan)
else:
cur.execute(indiferente)
print "diferente"

conn.commit()
```