

## El uso de las cubiertas verdes como reducción de la huella de carbono por absorción vegetal. Caso de Villaverde

The usage of green roofs aimed to carbon footprint reduction by vegetal assimilation of carbon dioxide. Case of Villaverde

**Jorge Miguel Carretero Monteagudo**\*

*Fecha de superación del Tribunal Fin de Máster: 10.09.2012*

*Tutora: Ester Hígueras García*

### Resumen

*El tema de este trabajo es a grandes rasgos la comprobación de la eficacia de las cubiertas verdes en la reducción de la huella de carbono, centrándonos exclusivamente en las capacidades asimilativas del dióxido de carbono de la vegetación contenida sobre estas cubiertas. La presente comprobación de la eficacia de las cubiertas verdes, fue realizada sobre el contexto del distrito de Villaverde en la Periferia Sur de Madrid. Sobre este distrito, se analizaron diferentes factores en relación con la eficacia de las cubiertas verdes. Para a posteriori establecer cuáles podrían ser los casos de zona homogénea dentro del distrito que pudieran dar datos más relevantes acerca de la eficacia de las cubiertas verdes. Considerando paralelamente un análisis de las capacidades de asimilación de los diferentes tipos de cubierta verde (Intensiva y extensiva). Finalmente se establecieron cuatro escenarios de aplicación sobre las zonas más relevantes derivadas de la selección anterior, para comprobar finalmente las aportaciones en la reducción de dióxido de carbono que una cubierta verde puede aportar a un tejido urbano. Se comprobó que la eficacia de las cubiertas verdes en la absorción del dióxido de carbono es muy limitada, siendo más adecuada la regeneración natural del espacio público.*

### Palabras clave

*Reducción Dióxido Carbono Tejidos Naturalización Cubiertas*

### Abstract

*The main issue of this report is the study of the green roofs reliability aimed to carbon footprint reduction, Focusing only in carbon dioxin assimilative capabilities of vegetation placed on. This study was done in the background of Villaverde district placed in the southern outskirts of Madrid. About this district, different facts related to the reliability of green roofs were analyzed, in order to remark the most relevant cases of urban fabrics within the district, whose results could be the most interesting ones about the efficiency of green roofs. In a complementary way, an analysis of the assimilation capabilities of the different kinds of green roofs (Intensive and extensive) was done too. To sum up, four scenarios of application of green roofs in the most relevant urban areas of Villaverde were analyzed. With the aim of stating the leanings that green roofs can give to urban fabrics. It was proved that the reliability of green roofs in carbon dioxin assimilation is very limited, being a more reliable option, the vegetal regeneration of urban spaces.*

### Keywords

Reduction Carbon Dioxin Fabrics Naturalization Roofs

---

\*Jorge Miguel Carretero Monteagudo es alumno de postgrado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, jmcmarq@hotmail.com

## 1. Introducción

El presente trabajo de investigación, encuadrado dentro del tema del urbanismo bioclimático, tratará en primer lugar el estudio de las posibilidades y oportunidades de ajardinamiento e incremento de espacios verdes dentro de diferentes entornos urbanos, valiéndonos para ello de las cubiertas de los edificios, todo ello con la finalidad de agregar una mayor superficie de espacios verdes dentro de la ciudad. Y posteriormente, ver si estos espacios aplicados de forma masiva a lo ancho del tejido urbano, pudiera suponer una mejora ambiental de la ciudad a través de la reducción de los gases de efecto invernadero. Nos centraremos exclusivamente en el tema de la asimilación de los mismos, ya que es la que está más en relación con el tema del urbanismo, y la única manera en que los espacios verdes urbanos pueden contribuir en la reducción de estos gases perniciosos para el medio ambiente urbano. No obstante, habría que considerar como punto de partida cualquier condicionante arquitectónico o urbanístico que pudiera favorecer o desfavorecer la eficacia del uso de las cubiertas verdes.

El interés del presente tema reside en el hecho de que actualmente el asunto de la reducción del dióxido de carbono, (su emisión, responsable en un 60% del efecto invernadero)<sup>1</sup> es un tema de actualidad en la búsqueda de la mejora medioambiental dentro de las ciudades. Y de este modo se hace importante la búsqueda de nuevas medidas que supongan la reducción de este gas, a través de la correcta gestión y uso de todos los espacios y posibilidades que pueda brindar el medio urbano para la inserción de elementos y medidas de rehabilitación que puedan suponer su reducción.

En base a este tema se proponen las siguientes objetivos, preguntas e hipótesis.

### 1.1 Objetivo de la investigación

El objetivo principal de la presente investigación, es analizar la eficacia del uso de las cubiertas verdes, con el propósito de acometer de esta manera una regeneración natural enfocada a mejorar la calidad ambiental de la ciudad y reducir su huella de carbono exclusivamente en lo respectivo a absorción de este gas de efecto invernadero.

### 1.2 Preguntas clave

¿El crecimiento de las superficies verdes en cubierta podría suponer una mejora ambiental en la ciudad, o bien una reducción de su huella de carbono o ecológica, en base a la absorción del dióxido de carbono?.

### 1.3 Hipótesis

La eficacia del uso de cubiertas verdes en el contexto escogido para el trabajo (Tejidos urbanos de barrios de la periferia de Madrid), dependerá de la tipología del tejido y sus características, así como las referidas al estado de la edificación, pudiendo ser ineficaz en algunos casos concretos.

---

<sup>1</sup> "Ciudad y Cambio Climático, 707 medidas para luchar desde la ciudad contra el cambio climático" Manuel Figueroa Clemente, Lis Miguel Suarez Inclán, Ed Muñoz Moya enero 2009. Pg 45

La implantación de las cubiertas verdes en tejidos densificados traería consigo una mejora ambiental dentro del tejido urbano.

#### **1.4 Tema de investigación**

El tema de investigación propuesto en el presente trabajo, básicamente se resume en el análisis de la consideración de una posible mejora medioambiental dentro del medio urbano, a través de la reducción de los niveles de dióxido de carbono fijados en la atmósfera (Incluidos dentro de la Huella de Carbono). Para lograr esta reducción, nos vamos a valer de las cualidades asimilativas de dióxido de carbono de los organismos vegetales, considerando como lugar en el cual estos nuevos elementos asimiladores van a ubicarse, las cubiertas de los edificios del barrio madrileño de Villaverde.

#### **1.5 Formulación de la investigación y metodología**

La base fundamental de la investigación, estará referida en primer orden hacia el estudio del uso de las cubiertas dentro de diferentes tipologías de medio urbano como posible zona destinada a reducir la huella de carbono mediante la asimilación y absorción de dióxido de carbono. Posteriormente, se estudiarán las capacidades absorbentes derivadas de la implantación masiva de este tipo de intervenciones, para de esta manera ver sus posibilidades, limitaciones y eficacia real, en reducción de este gas de efecto invernadero.

De esta manera, se plantea la siguiente metodología de investigación:

1: Investigación histórico-inductiva: Esta primera fase de investigación tiene la finalidad de realizar un acercamiento al estado de la cuestión acerca del uso de las cubiertas, y su uso dentro de la historia de la arquitectura. las fuentes utilizadas será la bibliografía destinada al estudio del uso de las cubiertas.

2: Estudio de casos histórico: En esta segunda fase de la investigación se analizarán diferentes casos de planeamiento tridimensional y uso de cubiertas en urbanismo y arquitectura reales o ficticios dentro de una perspectiva temporal actual e histórica, se buscará justificar los condicionantes que han favorecido el uso de la cubierta u otros niveles ajenos al suelo para zonas verdes u otros usos urbanos. Las fuentes empleadas serán la bibliografía centrada en la explicación de los proyectos arquitectónicos y urbanísticos que han considerado alguna vez el uso de las cubiertas.

3: Investigación exploratorio-inductiva centrada en el estudio de las opciones de cubiertas ecoeficientes, y su posibilidad de adaptación al contexto real. Se analizarán las posibilidades de cubiertas que nos podemos encontrar en el contexto urbano seleccionado, considerando las propiedades dentro de las mismas que puedan suponer una limitación o facilidad de cara a la eficacia de uso de las rehabilitaciones centradas en el concepto de cubierta eficiente, dentro de este último concepto, se analizarán también sus tipologías y prestaciones. Finalmente se asociará a cada tipología de cubierta real, una o varias tipologías de rehabilitación de cubierta eficiente de acuerdo a los condicionantes de compatibilidad entre la cubierta real y la tipología de rehabilitación de la cubierta eficiente. Las fuentes que se utilizarán serán libros acerca del uso de las cubiertas eficientes, además de proyectos de arquitectura y urbanismo que traten el tema general del trabajo, y datos de empresas constructoras.

4: Investigación exploratoria acerca del contexto urbano y los factores medioambientales intervinientes: Esta parte de la investigación se basará en extraer datos generales urbanísticos,

estimar huellas medioambientales (Carbono o ecológica) y en tercer lugar definir la capacidad de asimilación de dióxido de carbono de las diferentes tipologías de cubierta verde (extensiva e intensiva). Se elegirán zonas urbanísticas dentro de Villaverde para su posterior análisis. El fin de esto es poder ver y considerar factores favorables o desfavorables al uso de las cubiertas verdes de cualquier tipo. Las fuentes que se utilizarán para esta parte de la investigación serán los planos urbanísticos, fuentes de datos censales y medioambientales, o bibliografía relacionada con temas de medio ambiente.

5: Investigación deductiva acerca de la reducción por uso de las cubiertas: Una vez considerados todos los datos relevantes, se buscará cuantificar la mayor o menor reducción del dióxido de carbono en la atmósfera, valiéndonos para ello del estudio de varios supuestos escenarios en los cuales se considerará una mayor o menor superficie de cubierta verde para cada zona seleccionada. De esta manera tendremos los datos base para comprobar la eficacia de las cubiertas verdes. Las fuentes utilizadas serán planos urbanísticos, parcelarios y datos medioambientales.

6: Investigación comparativo-inductiva para comprobar la eficacia del uso de las cubiertas verdes: La comparación de los datos obtenidos de reducción de dióxido de carbono por uso de las cubiertas verdes a partir del cálculo de los escenarios deductivos, y su comparación en relación a umbrales oficiales (Protocolo de Kyoto), nos servirá para de esta manera ver si resulta eficaz el uso de las cubiertas verdes a efectos de absorción de dióxido de carbono. Las fuentes utilizadas serán planos urbanísticos, parcelarios y datos medioambientales.

De este modo, para el presente trabajo se eligió el área urbana que corresponde al distrito madrileño de Villaverde, ubicado al Sur de su corona metropolitana. La justificación de esta elección se debe en primer lugar a los relativamente altos niveles de polución ambiental imperantes en la zona debidos en parte la presencia de industria y otras infraestructuras contaminantes presentes, en segundo lugar a la escasez de zonas verdes en gran parte de las zonas urbanas, y en segundo lugar debido a la elevada huella de carbono imperante en la zona, proveniente de edificaciones ecológicamente deficientes, junto con la presencia de grandes infraestructuras, y la polución arrastrada por los vientos dominantes desde el centro de Madrid.

## **2. La iniciativa del uso de las cubiertas a través de la historia, Estado de la cuestión del uso de las cubiertas**

Este primer capítulo enfocado en el estudio del estado de la cuestión acerca del uso de las cubiertas, buscará definir el papel que ha tenido la consideración de la cubierta con uso a través de la historia.

En este sentido, En la arquitectura tradicional, ciertos condicionantes de usos domésticos, topografía o clima han favorecido la construcción de cubiertas pensadas para albergar usos o funciones. No obstante su propósito respondía mas a condiciones o exigencias basadas en la funcionalidad, antes que a ideas de crear espacios representativos o para el disfrute de las personas. Sin embargo hay que destacar el papel que esta arquitectura tuvo a la hora de aportar ideas en lo referente a la construcción de cubiertas con uso durante movimientos arquitectónicos posteriores o coetáneos.

Las arquitecturas cultas o urbanas de las épocas preindustriales raramente consideraron la cubierta como espacio para el uso y disfrute de los ocupantes del edificio. A pesar de ello, hay notables aportaciones arquitectónicas en este campo, que estudian las posibilidades de crear

espacios al aire libre a cotas altas (galerías, terrazas y altanas), con el objetivo de buscar no solamente una posición dominante, sino también un espacio apartado.

En la época industrial se produjeron cambios radicales respecto a la consideración de los espacios de la cubierta. La invención del ascensor, junto al constante deterioro de la calidad ambiental en las cotas bajas, revalorizó los espacios ubicados en las cotas más altas. A todo ello hay que añadir que los emergentes Movimientos Higienistas reclamaron el papel fundamental de las condiciones ambientales adecuadas para mantener la salud de las personas. De este modo, las cotas altas de la ciudad poco a poco adquirieron el papel de ser "oasis urbanos", y de este modo toda cubierta con uso que se construía, era concebida como un espacio fundamental destinado a garantizar la salud de los habitantes del edificio. A todo esto hay que añadir, que es en este momento cuando las soluciones impermeabilizantes aptas para la creación de cubiertas planas son inventadas. De modo que se facilita aún más la creación de espacios estancia al aire libre en cotas ajenas al suelo.

A medida que entraba el Siglo XX, Las técnicas constructivas iban avanzando, a su vez, los preceptos de los Movimientos Higienistas que surgieron a lo largo de la Segunda Mitad del Siglo XIX, junto con otras ideas arquitectónicas de vanguardia, van consolidándose, y reivindican mejores condiciones en lo respectivo a calidad ambiental dentro de los edificios y las ciudades, que derivan en nuevos preceptos arquitectónicos. De esta manera los arquitectos de las corrientes inmediatamente anteriores a las vanguardias, o directamente en relación con las mismas, comenzarán a plantear nuevas ideas de edificios y ciudades en los cuales el uso de la cubierta y otros espacios ajenos al suelo es fundamental (Sant Elia, Hillberseimer, Henard, Loos, Hood...). Y a raíz de estas corrientes, en las nuevas arquitecturas se insertan terrazas y Cubiertas jardín. asimilando los preceptos de los movimientos higienistas anteriormente mencionados. Entre estos autores destaca Le Corbusier, Quien consideró entre uno de sus preceptos arquitectónicos principales el uso de la cubierta. Reivindicando en prácticamente toda su obra, los beneficios de la utilización de este espacio para fines lúdicos privados o comunitarios.

En la actualidad, las cubiertas de los edificios en el contexto general de las ciudades modernas continúa siendo un espacio en desuso. Los movimientos arquitectónicos que consideraron el uso de la cubierta y otros niveles ajenos al suelo como espacio destinado al peatón o usuario del edificio, dieron buenas teorías y algunos ejemplos de edificaciones en los cuales se dio uso a las cubiertas. Pero a pesar de ello, el panorama en lo respectivo al papel de la cubierta como espacio estancia es marginal. La demanda de instalaciones de gran tamaño en los edificios, junto al desinterés generalizado en la cubierta, ha supuesto su paulatino abandono.

A pesar de ello, a través del estudio de casos relacionado con el estado de la cuestión del uso de las cubiertas, hemos podido comprobar que la utilización de las mismas se está produciendo en áreas urbanas de altas densidades, en las cuales el espacio para disponer de dotaciones escasea (Hong Kong). Y la implantación de nuevos medios tecnológicos en lo respectivo a cubiertas verdes, junto al aumento de los niveles de dióxido de carbono dentro de las ciudades, ha supuesto que otra vez vuelvan a ser consideradas las cubiertas, con el fin de que estas puedan ser capaces de albergar un nuevo uso más acorde con la mejora medioambiental de la ciudad.

### **3. Definición del modelo de cubierta eficiente**

El concepto de cubierta eficiente planteado para el presente trabajo, deberá consistir en un modelo de cubierta cuya aplicación garantice en todo momento la reducción de la huella de carbono sobre el área intervenida. En estas primeras fases del trabajo, se buscará toda cubierta

que esté relacionada con la absorción de dióxido de carbono. Y de este modo se hará necesario estudiar dos campos relacionados con el tema:

En primer lugar, será importante la realización de un acercamiento al contexto real, a través del estudio de las posibilidades reales de cubiertas existentes en la zona de Villaverde, viendo sus limitaciones constructivas y estructurales y eligiendo de esta manera factores que resultarán favorables o desfavorables a la eficacia de uso de las cubiertas. Estos factores fueron Propiedad, Forma, Superficie y estructura, y fueron considerados favorables o desfavorables de acuerdo al cuadro (Ver Figura 1):

De este modo, una vez realizado el acercamiento al contexto real de las cubiertas dentro de Villaverde, se analizarán en paralelo las cualidades de las diferentes tipologías de intervención para construir una cubierta eficiente, en relación también a diferentes factores. (Medioambientales: Ahorro energético, energías limpias, gestión de aguas, absorción de contaminantes, Reducción de efecto de isla de calor. Urbanístico-arquitectónicos: (Habitabilidad, adición de zona verde, ligereza, adaptabilidad, mejora del paisaje. Otros: Coste.). Como se mencionó con anterioridad, debemos de considerar para el presente trabajo, que el concepto de "cubierta eficiente" es todo tipo de rehabilitación de cubierta, cuya aplicación pueda reducir la huella de carbono y o ecológica. No obstante, dentro de estas propiedades iremos enfocando la elección hacia las relacionadas con la absorción de dióxido de carbono (Absorción de contaminantes). Se analizaron estos factores sobre las diferentes tipologías de "cubiertas eficientes" (Cubierta fotovoltaica, fototérmica, cubierta aljibe, anti radiación, gestora de aguas pluviales, cubierta verde extensiva e intensiva). Buscando también posibilidades de combinación entre ellas. Los resultados de este análisis se muestran en la siguiente tabla (Ver Figura 2):

Una vez definidas las propiedades de cada cubierta eficiente, se estudiaron las posibilidades de relación entre cada tipo de rehabilitación, y los modelos reales de cubierta que fueron analizados anteriormente (Ver Figura 3). Estas relaciones se estudiarán de acuerdo a grados de compatibilidad, definiendo de este modo las limitaciones en la implantación de las cubiertas eficientes en relación con las posibilidades definidas por las cubiertas.

De este modo se eligieron para el presente estudio las cubiertas de tipo verde, no solamente por ser las que mayores prestaciones tienen de cara a la reducción de la huella de carbono, sino principalmente porque son las únicas que pueden reducir esta huella a través de la asimilación de agentes contaminantes. El estudio paralelo de las cubiertas reales en el caso de Villaverde, nos sirvió para comprobar además, que la forma idónea de cubierta de cara a la eficacia en la construcción de las cubiertas eficientes de tipo verde, es la de tipo plano (inclinación entre 0-10°), con una cierta resistencia estructural, y preferiblemente de grandes dimensiones y propiedad única. No obstante, aunque estas conclusiones parciales resultan valiosas para la comprobación de la hipótesis, estas todavía resultan insuficientes Para la comprobación de las hipótesis generales del trabajo.

#### **4. Criterios de selección de las áreas, elección de las mismas**

Para comprobar las hipótesis establecidas en el trabajo, (relación de la eficacia del uso de las cubiertas con el contexto urbano, y relevancia de la reducción del dióxido de carbono). Elegiremos unas áreas piloto dentro del distrito de Villaverde que nos servirán para aplicar los conceptos de las cubiertas explicados con anterioridad. Para la división de áreas (Figura 4.1), en primer lugar nos basaremos en el criterio de José María Ezquiaga aplicado en el Plan general de Segovia, en el cual los tejidos y sus tipologías eran asociados a diferentes momentos históricos.

Una vez hecha esta división, y definidos a grandes rasgos las tipologías de tejidos en zonas homogéneas de gran tamaño, se hará necesaria la realización de una segunda división debido a la gran complejidad imperante dentro de cada zona homogénea. Para ello, utilizando el criterio de Kevin Lynch para clasificar tipologías de tejido de acuerdo a su densidad, subdividiremos esas grandes áreas en otras de menor tamaño, nombradas y numeradas en el presente trabajo, más definidas y con características homogéneas de acuerdo al criterio establecido en el siguiente cuadro (Ver Figura 4):

De este modo, una vez subdividida el área a analizar, sobre cada área resultante de esta división, se analizarán diferentes factores cualitativos de favorabilidad a efectos de eficacia aparente de uso de las cubiertas (Proporción de espacio libre-ocupado, calidad del aire, predominio de cubiertas idóneas, presencia de edificios con cubierta idónea para cubiertas verdes, presencia de edificios de propietario único, proporción de espacio público, zonas verdes y arbolado). Este análisis nos servirá para escoger las áreas cuyo estudio más exhaustivo nos servirá para comprobar las hipótesis generales del trabajo. De esta división surgieron en Villaverde 89 zonas, de las cuales para el análisis final se escogieron las siguientes:

-Como zonas residenciales, para el análisis fueron escogidas las áreas de Ciudad de los Ángeles sur 2, y Villaverde Alto norte 1, como zonas desfavorables a la eficacia de las cubiertas verdes, y el área de Villaverde Bajo Este 1, como zona residencial con condiciones favorables a la eficacia de uso de las cubiertas verdes.

-Como zonas de tipo industrial, favorables de cara a la eficacia de las cubiertas verdes fueron elegidas para el análisis, el almacén ferroviario de Villaverde Bajo, Polígono de San Andrés Norte 4, y el Polígono de San Andrés Centro 5.

La justificación de la elección de zonas desfavorables a la eficacia de las cubiertas verdes (zonas con condiciones medioambientales idóneas, se debe a l hecho de que si la aplicación de cubiertas verdes dentro de estas áreas resulta eficaz a efectos de reducción de huella de carbono y mejora medioambiental, su aplicación en zonas con peores condiciones medioambientales va a resultar más sencilla que si el caso se diera a la inversa.

Una vez escogidas estas zonas, serán analizadas con más detalle en capítulos posteriores, para de esta manera extraer de su estudio de factores y medidas sobre plano, los datos necesarios para comprobar las hipótesis del trabajo.

## 5. Cálculo y crítica de la Huella de carbono

La Huella de carbono es un indicador que cuantifica de forma precisa y objetiva la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por un individuo o actividad concreta (especialmente el dióxido de carbono), su consideración resulta importante para el siguiente trabajo, ya que será el factor cuya reducción a través de la absorción realizada por las cubiertas verdes para el caso de Villaverde, nos va a dar los resultados de la hipótesis. El cálculo preciso de este indicador resulta ser un proceso complicado para el cual no se dispone de los medios necesarios, además de estar todavía en fase de desarrollo. Para este trabajo se hará una estimación de acuerdo a la huella de carbono estimada por habitante de España (9,99 T por habitante al año<sup>2</sup>), multiplicando este dato por la población total del distrito de Villaverde en el año 2009, y más tarde se desglosará el resultado en relación a las diferentes actividades de cada zona. El valor obtenido de huella de

---

<sup>2</sup> Fuente: CAR/PL ,Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (Barcelona), Gobierno de Aragón, y Fundación Eroski.

carbono para Villaverde se estimó en 1.495.772 de toneladas de dióxido de carbono emitidas al año. Y el desglose de las mismas se realizó en la anterior tabla (Ver Figura 5):

De esta manera, calcularemos las huellas de carbono respectivas de cada zona a analizar cuyo resultado es este: Ciudad de los Ángeles sur 2: 6537 Ton. CO2 año. Villaverde Alto norte 1: 6263 Ton. CO2 año. Villaverde Bajo Este 1: 9724 Ton. CO2 año. Almacén ferroviario de Villaverde Bajo: 7573 Ton. CO2 año. Polígono de San Andrés Norte 4: 8892 Ton. CO2 año. Polígono de San Andrés Centro 5: 14189 Ton. CO2 año.

## 6. Cálculo y crítica de la huella ecológica

El interés del estudio de la huella ecológica para el presente trabajo, se debe a que es un indicador que además de resultar fácilmente asimilable, comprende dentro de su método de cálculo, aún de forma estimativa, prácticamente todos los factores intervinientes dentro del impacto ambiental. El concepto de huella ecológica es un indicador que hace referencia a la carga ecológica de una persona, grupo de personas, comunidad o región sobre el planeta y se mide en hectáreas de terreno.

La huella de carbono está comprendida dentro de la huella ecológica, y su disminución va a suponer una reducción de la huella ecológica. Hay que considerar además que la adición de zonas verdes, puede contar como territorio destinado a asimilar el dióxido de carbono. Pues la razón de la colocación de éstas cubiertas, no es sino la reducción de este gas de efecto invernadero. El cálculo de la misma para el presente trabajo se realizará de forma similar a la huella de carbono, considerando la huella por habitante de España, y multiplicándola por la población de Villaverde. Los resultados del cálculo fue que el Territorio urbanizado de Villaverde necesita 916966 hectáreas totales de territorio, aproximadamente 455,43 veces la superficie total del distrito analizado.

## 7. Análisis de zonas y cálculo de datos

Una vez escogidas las áreas de comprobación de las hipótesis, y considerados los conceptos a tener en cuenta, se analizarán de las mismas los factores necesarios para comprobar las hipótesis generales del trabajo. Los datos de medidas se extraerán del análisis de planos, los de población a partir del análisis de censos oficiales para Villaverde, y en lo referente a superficies de cubierta por tipología constructiva se estimará una proporción de las mismas en base al estudio de ortofotos. Se buscarán zonas cuya superficie total sea similar. Los resultados del análisis están en la siguiente tabla (Figura 6):

Estos datos van a resultar de gran utilidad para el siguiente apartado que será el que nos dará los resultados que nos permitirán comprobar las hipótesis del trabajo.

## 8. Aplicación de las cubiertas verdes eficientes sobre las zonas seleccionadas

Una vez definidos los modelos de cubierta eficiente de tipo verde, así como su compatibilidad con las diferentes tipologías, se procederá a realizar un cálculo estimativo de cuanta cantidad dióxido de carbono podemos asimilar a partir de la utilización de las mismas, y de este modo reducir la huella de carbono a través de su uso. Para el estudio de estas cantidades se hará necesario conocer de forma estimativa las cantidades de dióxido de carbono que es capaz de asimilar una cubierta verde, ya sea extensiva o intensiva. Tras la consulta de diferentes datos



relacionados con la absorción de elementos vegetales en artículos ligados al tema (Figuroa, Getter, Micaela Carbajal...), se llegó a dar un resultado ligado por metro cuadrado de cubierta verde de acuerdo a la tipología: Por cada metro cuadrado de cubierta extensiva se estimó la capacidad absorbente en 0,00135 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Y para el metro cuadrado de cubierta jardín o intensiva, la cantidad de 0,04 toneladas de CO<sub>2</sub> absorbido al año.

A partir de esas cantidades se pudo comprobar la eficacia de las cubiertas verdes en base a tres escenarios posibles establecidos en lo referente a su uso, sobre las zonas escogidas de la anterior selección (Capítulo 4) estos fueron:

Escenario 1: la aplicación de las cubiertas verdes se ha limitado a la construcción de cubierta de tipo extensivo, únicamente sobre los edificios de propietario único dentro de la zona, sin importar la forma de la cubierta o su integridad estructural.

Escenario 2: La aplicación de las cubiertas verdes, se va a limitar a las de tipo extensivo, utilizando para ello la superficie de cubierta de todos los edificios de la zona sin importar la forma de la cubierta, la propiedad o la integridad estructural.

Escenario 3: Todas las cubiertas con resistencia estructural integral o elevada dentro de la zona, van a ser tratadas en su totalidad como cubiertas jardín intensivas, y todas las cubiertas presentes en la zona con estructura de poca resistencia, van a ser tratadas con cubierta vegetal de tipo extensivo.

No obstante para corroborar la hipótesis de la eficacia relativa de las cubiertas verdes en lo relacionado con la absorción del dióxido de carbono, hace falta todavía la comprobación de un último escenario.

Escenario 4 (Comparativo): La reducción de huella de carbono, se considerará a partir de la rehabilitación de parte del espacio libre urbano pavimentado (25% del mismo considerando la necesidad de aceras u otros espacios que no se puedan alterar), junto con la totalidad de los solares sin edificar presentes en cada zona analizada. Se tratarán los espacios de nueva zona verde con las especies vegetales más eficaces en la absorción del dióxido de carbono, Según Manuel Figuroa Clemente (Pino Carrasco), y de este modo el cálculo final de la absorción por metro cuadrado de nueva zona verde será de 1 tonelada de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado y año.

De este modo los cálculos de los escenarios nos dieron la siguiente tabla de datos (Ver Figura 6.3), cuya comparación nos va a dar los resultados de las hipótesis generales del trabajo. De este modo ya tenemos una base sólida para comprobar la eficacia de las cubiertas verdes frente a otras posibles opciones. Como conclusión de este apartado, se consideró que la intervención urbanística más eficaz a efectos de absorción de dióxido de carbono, es la rehabilitación del espacio libre para incrementar el verde urbano, antes que la utilización de las cubiertas. No obstante a pesar de las limitaciones de las cubiertas verdes a la hora de absorber los gases de efecto invernadero. Hay que considerar que, a efectos de construcción, estas resultan ser un buen aislante para el edificio de modo que en ese sentido se puede generar un importante ahorro de energía, que puede contribuir en la reducción de la huella de carbono.

---

<sup>3</sup> "Los Sumideros Naturales de CO<sub>2</sub>: Una Estrategia Sostenible Entre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto Desde las Perspectivas Urbana y Territorial". Figuroa Clemente Manuel Enrique, Redondo Gómez Susana. pg 213

## 9. Conclusiones generales del trabajo de investigación

### 9.1 Hipótesis primera

De acuerdo a las premisas de la primera hipótesis "La eficacia del uso de cubiertas verdes en barrios de la periferia de Madrid, dependerá de la tipología del tejido y sus características, así como las referidas al estado de la edificación, pudiendo ser ineficaz en algunos casos concretos". Bien se ha comprobado durante la fase de análisis de estudio del contexto urbano y las cubiertas. Que en los tejidos urbanos existen factores que pueden o no favorecer la eficacia en el uso de las cubiertas verdes. Pero no obstante los factores que más influyen en la decisión del uso de cubierta, son los relacionados con la configuración de la misma, especialmente sus características constructivas y/o estructurales. No obstante, a la hora de decidir cuál es la mejor intervención con el objetivo de reducir el dióxido de carbono, debemos de tener en cuenta que las mejores opciones para conseguir este objetivo es la utilización de los niveles del suelo, pues permiten la inserción de especies vegetales con capacidad de absorción más alta que lo que permiten las cubiertas verdes. En ese sentido, la configuración general del tejido urbano sí que influye, ya que a mayor proporción de superficie ocupada, más complicada será la utilización de las cotas a nivel de suelo como zonas verdes. En ese sentido, las intervenciones enfocadas en la absorción del dióxido de carbono a través de las cubiertas verdes, deberían de ser aplicadas en contextos urbanos de gran densidad y ocupación del territorio por edificación dónde no hay posibilidades de crear nuevas zonas verdes. O bien cuando a pesar de que estas zonas verdes a nivel de suelo sean dispuestas, la capacidad de absorción no resulte suficiente. Por supuesto tras haber agotado todas las alternativas de regeneración ambiental por absorción a nivel de suelo.

### 9.2 Hipótesis segunda

La segunda hipótesis del trabajo dicta que "La implantación de las cubiertas verdes en tejidos densificados traería consigo una mejora ambiental dentro del tejido urbano". En este sentido, resulta evidente que toda inserción de cubiertas verdes siempre va a derivar en una mejora medioambiental, debido a que se produce un incremento de la superficie verde. Para la comprobación de esta hipótesis, y la cuantificación de esta reducción se hizo necesario el establecimiento de un umbral mínimo de reducción de dióxido de carbono, a partir del cual la reducción podría considerarse como relevante. En este sentido se consideró el porcentaje de reducción dictado en el Protocolo de Kyoto para el caso de España (Emisiones de 8,2 toneladas de dióxido de carbono por año y habitante, frente a las actuales 9,9). En ese sentido, la huella de carbono total debería de reducirse en aproximadamente un 18%, y de este modo, si la reducción de dióxido de carbono producida a través de la consideración de las capacidades absorbentes resultante de la implantación de las cubiertas verdes iguala o supera esta cantidad, se considerará eficaz el uso de las cubiertas verdes como elemento absorbente de dióxido de carbono. Los porcentajes de reducción relacionados con los escenarios de cálculo se muestran en la tabla (Ver Figura 7):

De este modo a través del uso de cubiertas, centrándonos exclusivamente en la reducción de dióxido de carbono, se ha comprobado que en ningún caso se produce una reducción significativa que nos acerque a los objetivos del Protocolo de Kyoto. Con lo que no se produce una reducción del dióxido de carbono que pueda considerarse relevante (considerando exclusivamente la absorción de componentes). No obstante, también hay que considerar que las cubiertas verdes pueden aportar valiosas cualidades aislantes a las cubiertas, que nos van a ayudar el ahorro de energía, con lo que no hay que dejar de considerarlas.

### 9.3 Conclusión respecto al objetivo general del trabajo

Se ha comprobado a través de los cálculos, que la eficacia de las cubiertas verdes, sobre todo las de tipo extensivo, a la hora de actuar como elemento reductor de la huella de carbono por asimilación de los gases es muy limitada. De modo que la respuesta a la pregunta general de la investigación ¿El crecimiento de las superficies verdes en cubierta podría suponer una mejora ambiental en la ciudad, o bien una reducción de su huella de carbono o ecológica? Es negativa en parte, debido a que aunque a través de la utilización de este tipo de elementos cierto es que se reduce la huella de carbono, esta reducción es muy limitada debido a la relativamente baja capacidad de absorción de la vegetación que estas pueden albergar. De este modo, para reducir los niveles de dióxido de carbono dentro de las ciudades, la mejor opción es valerse del arbolado a nivel del suelo, además de la preservación de los bosques, y la regeneración natural dentro de la ciudad con árboles de gran capacidad absorbente (Pino piñonero o carrasco) (Manuel Figueroa Clemente, Susana Redondo Gómez), en los espacios urbanos infrautilizados a nivel de suelo. El uso de las cubiertas verdes como elemento reductor del dióxido de carbono resulta conveniente únicamente cuando las posibilidades de regeneración urbana en el tema de la inserción vegetal a nivel de suelo, ya no es posible o se han agotado todas las opciones.

## 10. Posibles líneas de investigación a considerar a partir de este trabajo

Una vez se concluyó el trabajo, se presentan las siguientes posibles líneas de continuación del mismo.

TEMA DE INVESTIGACIÓN 1: "El uso de las cubiertas eficientes como elemento reductor de la huella de carbono y las emisiones de dióxido de carbono". Línea de investigación basada en el estudio de la reducción de la huella de carbono total, a través del uso de las cubiertas verdes considerando componentes constructivas.

TEMA DE INVESTIGACIÓN 2: "El uso de las cubiertas en relación con el paisaje urbano, hacia una mejora del medio urbano". estudio de las propiedades cualitativas que podrían tener el uso de las cubiertas verdes, en la mejora del paisaje y por consiguiente del entorno urbano.

TEMA DE INVESTIGACIÓN 3: "Posibilidades dotacionales de las cubiertas verdes dentro del medio urbano, como incremento de la complejidad, y la apertura de nuevos espacios para el uso y disfrute". Se tratarían las posibilidades de usos que pudieran darse a las cubiertas, todo ello enfocado hacia la búsqueda de nuevos usos dotacionales, además del destinado a zona verde. Se trataría además el tema de los usos posibles que pudieran darse sobre diversas tipologías de edificio a partir del uso de estas cubiertas.

TEMA DE INVESTIGACIÓN 4: "Hacia la ciudad volumétrica, Las cubiertas como posibilidad de crecimiento e incremento de la complejidad urbana dentro de las zonas urbanas consolidadas". consistiría básicamente en estudiar las posibilidades reales que las cubiertas pudieran tener para ser usadas como dotaciones, además de estudiar si pudiera ser posible un incremento del crecimiento de las ciudades a partir de este ámbito.

## 11. Referencias

### 11.1 Bibliografía

HIGUERAS, ESTER. (2007): Urbanismo Bioclimático. Barcelona: Gustavo Gili. 241 páginas. ISBN: 9788425220715

MARTÍNEZ, ANDRÉS. (2005): Habitar La Cubierta, Dwelling On The Roof. Barcelona: Gustavo Gili. 205 páginas. ISBN: 8425219892.

SOLÁ MORALES, Manuel. (2005): Diez Lecciones Sobre Barcelona. Barcelona: Col Legi D'Arquitectes de Catalunya. 578 páginas. ISBN:9788496842243.

MOYA, Luis. (2011): La Práctica Del Urbanismo. Madrid: Síntesis. 389 páginas. ISBN:9788497567305.

LYNCH, Kevin. (1985): La Buena Forma De La Ciudad. Barcelona: Gustavo Gili. 364 páginas. ISBN:8425212081. [Edición original: (1981) A Theory Of Good City Form. Cambridge, Massachusetts: Mit Press.]

EZQUIAGA DOMÍNGUEZ, Jose María, GONZÁLEZ ALFAYA, Luciano. (2011): Transformaciones Urbanas Sostenibles. Madrid: Universidad Internacional Menéndez Pelayo. 275 páginas. ISBN: 9788493937706.

M R. PANERAI Phillippe, CASTEX Jean, DEPAULE Jean Charles. (1986): Formas Urbanas: De La Manzana Al Bloque. Barcelona: Gustavo Gili. 209 páginas. ISBN: 842521291X.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2008): La Huella Ecológica De España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 66 páginas. ISBN: 9788449109133.

CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE, DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y URBANISMO. (2001): Estimación De La Huella Ecológica En Andalucía Y Aplicación A La Aglomeración Urbana De Sevilla. Sevilla: Junta de Andalucía. 144 páginas. ISBN: 8480952709.

K. WEILER, Susan, SCHOLZ-BARTH, Katrin. (1986): Green Roof Systems, A Guide To The Planning, Design, And Construction Of Landscapes Over Structure. Nueva York: John Willey and Sons Inc. 313 páginas. ISBN: 9780471674955.

FULLAONDO, Juan Daniel. (1984): Fernando García Mercadal, Arquitecto Aproximativo. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. 75 páginas. ISBN: 8485572726.

COMISIÓN DE CULTURA DEL COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE MADRID. (1982): La Obra De Luis Gutiérrez Soto. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. 396 páginas. ISBN:8485572483.

FIGUEROA CLEMENTE, Manuel Enrique, SUÁREZ INCLÁN, Luis Miguel. (2009): Ciudad Y Cambio Climático, 707 Medidas Para Luchar Contra El Cambio Climático Desde La Ciudad. Sevilla: Universidad de Sevilla, Muñoz Moya Editores. 351 páginas. ISBN: 9788480101783.

ALCALDE PECERO, Francisco. (2003): Banco De Detalles Arquitectónicos. Sevilla: Editorial Díaz de Santos. 368 páginas. ISBN: 8460738604.

NEILA, Javier. (2004) Arquitectura Bioclimática En Un Entorno Sostenible. Madrid: Editorial Munilla Lería. 443 páginas ISBN: 9788489150645.

## 11.2 Tesis Doctorales

GÓMEZ DE PEROZO, Nersa (2012) Estrategias Para El Control Microclimático Del Espacio Entre Edificaciones En Clima Cálido Húmedo. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Universidad de Zulia.

## 11.3 Artículos

UTZON, Jorn. (1962) Plataformas Y Mesetas. Milan: Revista Zodiac nº10,

JIMÉNEZ ROMERA, Carlos. (2007) Calidad De Vida. Madrid

RIEZNIK LAMANA, Natalia, HERNÁNDEZ AJA, Agustín. (Julio de 2005) Huella Ecológica. Madrid

DE LUXÁN GARCÍA DE DIEGO, Margarita. (1996) Arquitectura Integrada En El Medio Ambiente. Madrid

NEILA, Javier. (Octubre de 2000) Arquitectura Bioclimática En Un Entorno Sostenible: Buenas Prácticas Edificatorias. Madrid

HERNÁNDEZ AJA, Agustín. (16 de octubre de 2000) La Ciudad Estructurada. Madrid

HERNÁNDEZ AJA, Agustín (Noviembre de 2003) Informe Sobre Los Indicadores Locales De Sostenibilidad Utilizados Por Los Municipios Españoles Firmantes De La Carta De Aalborg. Madrid

GRAUS, Ramón. La Cubierta Plana, Un Paseo Por Su Historia. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña y Texsa 2005 - 12 páginas

KIDD, Josh. (2005) Optimum Green Roof For Brisbane. Brisbane: Greenroofs.com.

FARIÑA TOJO, José. (Octubre de 2000) Naturaleza Urbana. Madrid

NAREDO, Jose Manuel. (30 Julio 1997) Sobre La Insostenibilidad De Las Actuales Conurbaciones Y El Modo De Paliarla.

HIGUERAS, Ester. (Octubre de 1997). Urbanismo Bioclimático. Criterios Medioambientales En La Ordenación De Asentamientos.

IDAE. (2011) Guía Práctica De La Energía, Consumo Eficiente Y Responsable. Madrid: Gobierno De España.

IDAE. (2011) Plan De Ahorro Y Eficiencia Energética 2011-2020. Madrid: Gobierno De España.

OFICINA CATALANA DEL CAMBI CLIMATIC. (2011) Guía Práctica Para El Cálculo De Emisiones De Gases De Efecto Invernadero. Barcelona: Generalitat De Catalunya

CARBAJAL, Micaela. Investigación Sobre La Absorción Del Co2 Por Los Cultivos Más Representativos De La Región De Murcia. Madrid: CSIC.

AYUNTAMIENTO DE MADRID. (2005) Diagnóstico De Sostenibilidad De La Ciudad De Madrid. Madrid

IDAE. (2011) Proyecto Sech Spahousec, Análisis De Consumo Energético Del Sector Residencial En España. Madrid: IDAE, Secretaría General, Departamento de Planificación Y Estudios.

JIMÉNEZ HERRERO Luis M. Manual De Cálculo Y Reducción De Huella De Carbono En El Sector Del Comercio. Alcalá de Henares: Observatorio De La Sostenibilidad En España

JIMÉNEZ HERRERO Luis M. Manual De Cálculo Y Reducción De Huella De Carbono Para Actividades De Transporte Por Carretera. Alcalá de Henares: Observatorio De La Sostenibilidad En España

EL OBSERVATORIO CRÍTICO DE LA ENERGÍA. Eficiencia Doméstica En Madrid. Accionenred.

DEPARTAMENTO DE SALUD Y CONSUMO, (2010) Consumo Responsable Y Cambio Climático. Zaragoza: Gobierno De Aragón.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, (2010) Guía De Consumo Inteligente

Sostenibilidad En España 2009  
Capítulo 22 Transporte, Página 372. (Autor Desconocido)

IBERDROLA,(2010) Informe De Sostenibilidad 2010

CENTRO DE ACTIVIDAD REGIONAL PARA LA PRODUCCIÓN DE LIMPIA, (2008) Las Emisiones De Gases De Efecto Invernadero Desde La Perspectiva Del Consumo En Una Economía Global, Experiencia Piloto En El Mediterráneo.

THE GREEN ROOF RESEARCH CENTRE . Improving Air And Water Quality. Sheffield: University Of Sheffield

K.L. GETTER EA. Carbon Sequestration Potential Of Extensive Green Roofs

## 11.4 Páginas Web

### 12.4.1.- HUELLA DE CARBONO:

Compromiso para la Reducción de la Huella de Carbono: [www.huellacarbono.es](http://www.huellacarbono.es). Consultado en Marzo de 2012

Observatorio de la Sostenibilidad en España: [www.sostenibilidad-es.org](http://www.sostenibilidad-es.org). Consultado en Mayo de 2012

Página web de AENOR: [www.aenor.es](http://www.aenor.es). Consultado en Mayo de 2012

Instituto Huella de Carbono: [www.institutohuelladecarbono.com](http://www.institutohuelladecarbono.com). Consultado en Marzo de 2012

Ambialia Ingeniería y Medio Ambiente: [www.ambialia.es](http://www.ambialia.es). Consultado en Junio de 2012

IDAE, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía: [www.idae.es](http://www.idae.es). Consultado en Junio de 2012

Fundación Eroski, Erosky Consumer: [www.consumer.es](http://www.consumer.es). Consultado en Marzo de 2012

United States Environmental Protection Agency: [www.epa.gov](http://www.epa.gov). Consultado en Julio de 2012

Directgov, Climate change and protecting the environment: [www.direct.gov.uk](http://www.direct.gov.uk). Consultado en Agosto de 2012

Green Certified Site: [www.co2stats.com](http://www.co2stats.com). Consultado en Agosto de 2012

#### 12.3.2.- HUELLA ECOLÓGICA:

Encuesta de la energía, tu huella ecológica: [www.tuhuellaecologica.org](http://www.tuhuellaecologica.org). Consultado en Junio de 2012

Ecological Footprint Quiz by Center for Sustainable Economy: [www.myfootprint.org](http://www.myfootprint.org). Consultado en Mayo de 2012

#### 12.3.3.- CUBIERTAS VERDES:

Greenroofs.com, The Resource Portal for Green Roofs: [www.greenroofs.com](http://www.greenroofs.com). Consultado en Mayo de 2012

Intemper: [www.intemper.com](http://www.intemper.com). Consultado en Julio de 2012

Tecta Green: [www.greenroof.com](http://www.greenroof.com). Consultado en Junio de 2012

Semper Green: [www.sempergreen.com](http://www.sempergreen.com). Consultado en Junio de 2012

Green Mat Systems: [www.greenmatsystem.com](http://www.greenmatsystem.com). Consultado en Julio de 2012

#### 12.3.4.- DATOS URBANÍSTICOS DE VILLAVERDE:

Ayuntamiento de Madrid: [www.madrid.es](http://www.madrid.es). Consultado en Julio de 2012

Nomecalles - Nomenclator y Callejero de la Comunidad de Madrid: [www.madrid.org/nomecalles/](http://www.madrid.org/nomecalles/) Consultado en Julio de 2012

Instituto Nacional de estadística: [www.ine.es](http://www.ine.es). Consultado en Julio de 2012

### 11.5 Otras Fuentes

PLAN NYC 2030, (Actualización 2011)

Greener greater buildings plan, a case study - 27 páginas

PRIMER SEMINARIO HISPANO-CHINO, CIUDADES CHINAS DE ALTA DENSIDAD, RETOS PARA LA SOSTENIBILIDAD.

Stephen Siu Yu Lau,

Universidad de Hong Kong, Facultad de Arquitectura (HK SAR), 2012

	CARACTERÍSTICAS	CUBIERTA PLANA	CUBIERTA INCLINADA	PROPIETARIO ÚNICO	VARIOS PROPIETARIOS	GRAN SUPERFICIE	PEQUEÑA SUPERFICIE	ESTRUCTURA FUERTE	ESTRUCTURA DÉBIL
Azotea de edificio industrial-terciario									
Azotea de edificio residencial									
Azotea de edificio dotacional									
Cubierta plana en edificio industrial									
Cubierta inclinada en edificio residencial colectivo									
Cubierta inclinada en edificio residencial individual o adosado									
Cubierta inclinada en edificio industrial de gran tamaño									
Cubierta inclinada en edificio dotacional									

Fig. 1: Caracterización cubiertas  
(Fuente: Elaboración propia)

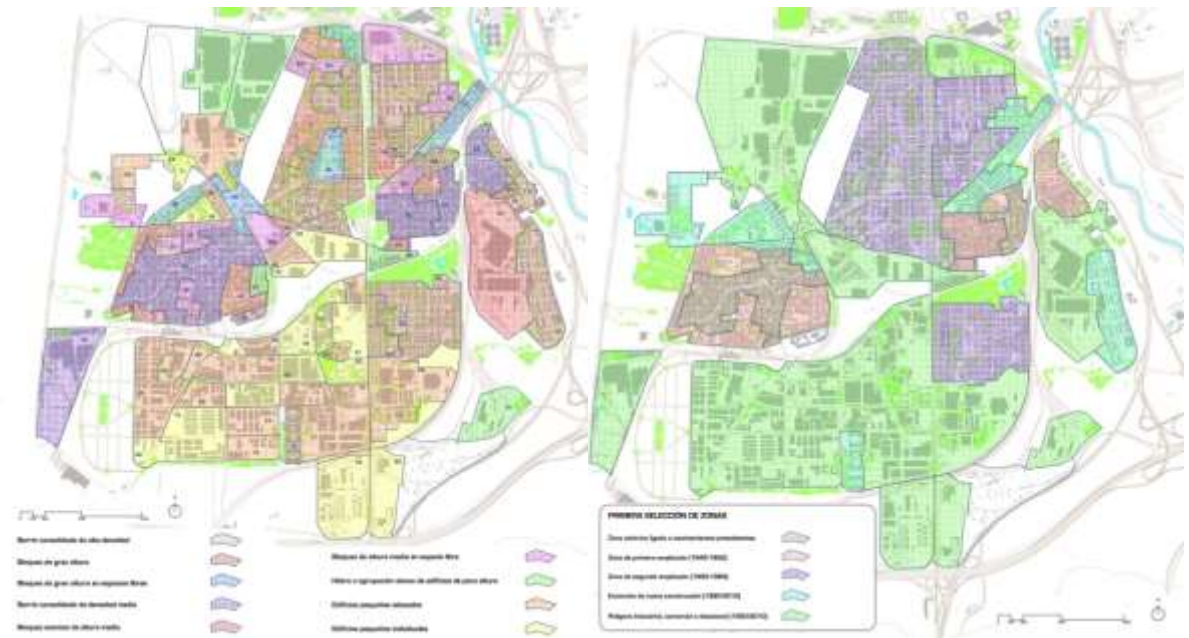
	AHORRO ENERGÉTICO	ENERGÍAS LIMPIAS	GESTIÓN DE AGUAS	ABSORCIÓN DE CONTAMINANTES	REDUCCIÓN ISLA DE CALOR	HABITABILIDAD	ADICIÓN DE ZONA VERDE	LIGEREZA	ADAPTABILIDAD	MEJORA DEL PAISAJE	COMPATIBLE CON C. FOTOVOLTAICA	COMPATIBLE CON C. ALJIBE	COMPATIBLE CON C. ANTRADIAC.	COMPATIBLE CON C. PLUVIALES	COMPATIBLE CON C. V. INTENSIVA	COMPATIBLE CON C. V. EXTENSIVA	COSTE
Cubierta fotovoltaica																	Alto
Cubierta fototérmica																	Medio
Cubierta Aljibe																	Medio
Cubierta Anti irradiación																	Bajo
Cubierta gestora de aguas pluviales																	Bajo
Cubierta verde intensiva																	Alto
Cubierta verde extensiva																	Medio

Fig. 2: Análisis cubiertas eficientes  
(Fuente:Elaboración propia)

	Cubierta fotovoltaica	Cubierta fototérmica	Cubierta Aljibe	Cubierta Anti irradiación	Cubierta gestora de aguas pluviales	Cubierta verde intensiva	Cubierta verde extensiva
Azotea de edificio industrial-terciario							
Azotea de edificio residencial							
Azotea de edificio dotacional							
Cubierta de escasa pendiente en edificio industrial							
Cubierta inclinada en edificio residencial colectivo							
Cubierta inclinada en edificio residencial individual o adosado							
Cubierta inclinada en edificio industrial de gran tamaño							
Cubierta inclinada en edificio dotacional							

Fig. 3: Análisis compatibilidad cubiertas eficientes con contexto real  
(Fuente: Elaboración propia)

PERFECTAMENTE  
COMPATIBLE  
COMPATIBILIDAD  
LIMITADA O CON  
DIFICULTADES  
INCOMPATIBLE



		Alto (Más de seis pisos)	Moderado (3-6 pisos)	Bajo (1-2 pisos)
OCUPACIÓN	alta (mayor al 50% del terreno)	Barrio consolidado de alta densidad	Barrio consolidado de densidad media	Hilera de edificios de poca altura
DEL	Moderada (30 al 50% del terreno)	Bloque de gran altura	Bloques exentos de altura media	Edificios pequeños adosados
TERRENO	Baja (menor al 30% del terreno)	Bloques de gran altura en espacios libres	Bloques de altura media en espacio libre	Edificios pequeños individuales

Fig. 4: Análisis de tipologías de tejido, y divisiones por zonas.

(Fuente: Elaboración propia)

Activ. Villaverde	p. original %	p transf	Huella Carbono total Villaverde	Huella carbono Activ Villaverde	m2 zona	huella por m2 (TCO2)
Residuos	3,1	3,59%	1495772	53667,74537	10283370	0,005218887
Construcción	3,3	3,82%	1495772	57130,18056	10283370	0,005555589
Industria	17,9	20,72%	1495772	309887,9491	3596053	0,086174467
refinado petróleo	3,1	3,59%	1495772	53667,74537	288698	0,185895799
tte carretera	23,4	27,08%	1495772	405104,9167	10283370	0,039394179
Electricidad	21,7	25,12%	1495772	375674,2176	10283370	0,036532209
otros	13,9	16,09%	1495772	240639,2454	5788302	0,041573374
Total	86,4	1				

Figura 5, Huella de carbono en Villaverde por actividades y zonas de influencia,

(Fuente: Elaboración propia, datos del estudio "Informe de evaluación de las emisiones de GEI´s en España 1990-2008" de CCOO en 2009.)

Figura 6, Resultados del análisis, datos



	% Difer. Escenario 1	% Difer. Escenario 2	% Difer. Escenario 3	% Difer. Escenario 4
CIUDAD DE LOS ÁNGELES SUR 1	0,00%	0,30%	8,80%	65,25%
VILLAVERDE ALTO NORTE	0,00%	0,14%	4,05%	69,86%
VILLAVERDE BAJO ESTE	0,00%	0,52%	12,43%	73,22%
ALMACÉN FERROVIARIO V. BAJO	0,25%	0,25%	1,42%	48,83%
POLÍGONO SAN ANDRÉS NORTE	0,45%	0,45%	0,83%	56,26%
POLÍGONO SAN ANDRÉS CENTRO	0,40%	0,40%	0,74%	101,57%

Figura 7, Reducciones de CO2 por escenario respecto al total de huella de carbono. Los porcentajes que superan el umbral establecido por el Protocolo de Kyoto están marcados en verde. Elaboración propia.