

MEMORIA

AMA167

Tabla de contenido

0. Objetivos y método.....	2
1. Indicadores.....	3
1.1. Descripción de los indicadores.....	3
1.2 Procedimiento de cálculo.....	3
2. Estado reformado.....	6
3. Tablas de indicadores.....	8
4. Conclusiones.....	10
5. Bibliografía.....	10

o. Objetivos y método.

En este punto se desarrollará el método utilizado para la aplicación de los indicadores. Estos indicadores desarrollados por GIAU+S, grupo de investigación de la UPM, se toman como referencia para el desarrollo de la tabla de cálculo y como valores límite y guía del diseño de la propuesta.

Se tratará de integrar el diseño con criterios cuantificables de sostenibilidad, algo pionero aprovechando estos valores en desarrollo, de modo que futuramente puedan convertirse en normativa que sea de obligada aplicación en el diseño urbano.

La herramienta básica a utilizar será la tabla de cálculo, que se apoyará en otros como sistemas CAD o programas de modelado 3D.

Cada indicador tiene una fórmula, basada en las características físicas del ámbito, tales como pavimento, sombreado, vegetación,... Mientras que el desarrollo de la fórmula se hará siempre en la hoja de cálculo, la extracción de los datos necesarios dependerá del indicador, y se hará siempre de forma manual, asistida por las herramientas previamente mencionadas.

Se ha generado una tabla de datos aparte de la tabla de cálculo de los indicadores, donde se introducen los valores límite de cada indicador, así como los datos de los materiales, referenciando el resto de la tabla a estos, de modo que puedan actualizarse con una modificación automática de los mismos.

Por otro lado, a fin de que el cálculo sea lo más efectivo posible, en todos los casos en los que falten valores, sea imposible extraer información, se tomarán siempre los valores más negativos.

A continuación describirán los puntos del método seguido:

- Visita al lugar. Especial importancia ha de darse a la identificación de los pavimentos y la vegetación.
- Por otro lado, se realizó una visita al sitio, en la que tomaron fotografías de los ámbitos, con especial atención a pavimentos y la vegetación, donde deben identificarse tipos, especies y dimensiones. Esta visita tuvo lugar el sábado 5 de Noviembre.
- Obtención de la documentación base necesaria: parcelario, fotos, ortofoto aérea,...
- Esta documentación se ha obtenido tanto de archivos de planos parcelarios, como la biblioteca de la ETSAM, como de los diversos mapas y ortofotos que ofrece el Instituto Geográfico Nacional en su página web.
- División del ámbito en zonas, de menos de 10 000m² e inscrita en un círculo de 200m de diámetro. Se sigue un criterio funcional: calles y plazas por separado, de modo que la aplicación sea más sencilla, ya que zonas estanciales y de tránsito se dividen más claramente entre estos dos criterios. Esto ayudará a establecer soluciones más concretas a cada distinto tipo de espacio
- Realización de un modelo 3D del lugar, para el cálculo de soleamiento. Aunque otros métodos como maquetas o dibujo en 2D de las sombras son también posibles, éste es el más efectivo. En un programa de modelado normalmente se ofrecen herramientas que permiten calcular el soleamiento en días y horas específicas, lo cual se requiere para la aplicación de los indicadores.



Superposición sombras meses cálidos y soleamiento en diciembre (naranja)

-Aplicación de los indicadores, tras obtener la información necesaria, generalmente de un documento CAD. Para cada indicador se requerirá un plano (salvo las excepciones que se verán más adelante), así como diversas fórmulas y procedimientos en la tabla de cálculo.

1. Indicadores.

1.1. Descripción de los indicadores.

En primer lugar se establecen criterios para la determinación de los ámbitos de actuación dentro del área sobre la que se va a intervenir. Son únicamente dos, bastante simples: que el ámbito no exceda de los 10 000 m² y que la distancia máxima entre los extremos no sea de 200 metros.

Los doce indicadores se dividen en las siguientes categorías:

Uso del espacio público

Tratamiento de superficies

Sombreamiento

Vegetación y biodiversidad

Agua

Por otro lado, estos indicadores establecen dos tipos de límites:

-Límite óptimo: cuando el proyecto ha alcanzado el máximo nivel esperado.

-Límite de mejora: cuando el proyecto no permite una mejora a nivel óptimo, por razones técnicas o proyectuales, propone un valor mínimo que debe alcanzarse, en función del estado inicial.

Este último se basa en una gráfica, que en función del grado de cumplimiento del estado previo, determinará un coeficiente a aplicar sobre el índice óptimo, de manera que éste será el mínimo que el proyecto habrá de alcanzar. Este se convierte en una importante aportación, ya que permite establecer un mínimo en zonas que por sus condiciones previas no admiten esa mejora o ese nivel óptimo, como pueden ser tejidos históricos o zonas muy consolidadas.

Cada indicador tiene una fórmula, basadas en las características físicas del ámbito a analizar.

Como anexo se adjuntarán fichas correspondientes a cada indicador, que permitan de manera precisa y rápida acceder a la información del mismo.

1.2 Procedimiento de cálculo.

Para mejorar la comprensión visual de la tabla, se han utilizado fórmulas de formato condicional, en función de si el indicador se cumple o no. Los planos, un extracto de los más notorios, se encuentran en los paneles.

A continuación, se explicará el procedimiento seguido para el cálculo de cada indicador.

Uso del espacio público. Índice de tráfico rodado.

En este indicador simplemente se han calculado las superficies de cada ámbito de calzada, sin incluir zonas de aparcamiento. Sobre el parcelario, se han calculado estas dos superficies, extrayendo el valor de su área e insertándolo en la tabla de cálculo. El indicador se calcula simplemente dividiendo esta área entre el área total del ámbito.

Uso del espacio público. Índice de aparcamiento.

Al igual que en el indicador anterior, se calculan las superficies de aparcamiento del ámbito, sobre el plano del parcelario, donde vienen ya identificadas, y se insertan en la tabla de cálculo. Continuando el mismo proceso, se divide el área de aparcamiento entre el área total del ámbito estudiado.

Tratamiento de superficies. Índice biótico del suelo.

Se determinan aquí qué pavimentos existen en el ámbito, a partir de la visita al sitio y las fotografías obtenidas, y después se dividen en función de su permeabilidad. Posteriormente, se calculan sobre el parcelario en CAD y se extrae el valor de su área, insertándolo en la tabla.

Para cada uno de los diferentes tipos de índice bióticos se determina una columna, y para extraer el índice global se multiplica el dato de esta celda por su valor.

Tratamiento de superficies. Índice de albedo.

Este indicador evalúa la captación de las diversas superficies y pavimentos, así como su distribución en función de las distintas incidencias solares en invierno y verano.

Para ello, es necesario utilizar el modelo 3D para extraer las incidencias solares en los periodos requeridos. Es necesario que el modelo contenga todos los edificios del entorno, cubiertas, pérgolas, etc. Este modelo debe incluir también los árboles, a pesar de que para este trabajo se ha prescindido de ellos en invierno, ya que se considera su incidencia irrelevante debido a la pérdida de follaje.

Posteriormente, es necesario tener precisamente dibujados los pavimentos a analizar, y calificados en función de su coeficiente de albedo mediante su distribución en distintas capas.

Finalmente se extraen las superficies requeridas, intersección de los conjuntos previamente explicados. Saldrán un total de 3 grupos por cada tipo de pavimento: soleado el 21 de Junio, sombreado el 21 de Junio y soleado exclusivamente el 21 de Diciembre. Es de gran utilidad para extraer las intersecciones de todas las superficies mencionadas el uso del comando CONTORNO de AutoCAD (o similar en cualquier otro software CAD), que permite extraer una polilínea encerrada por un conjunto de las mismas. Después, se recomienda crear un sombreado que agrupe todas las resultantes dentro de un ámbito: la superficie de este sombreado será la que se debe introducir en la tabla de cálculo.

Es importante que estén separadas por cada ámbito, de modo que no sea difícil extraer el valor de área necesario.

Cabe aclarar que para el cálculo de superficies soleadas exclusivamente el 21 de Diciembre, dada la dificultad de cálculo del mismo, ya que habría que calcular el soleamiento del resto de días del año, se han cogido sólo la de los días 21 de Junio, Julio y Agosto a las 12 horas, como muestra de periodos de máxima incidencia solar, donde un pavimento que absorba mucha energía no debería situarse. Tras extraer la superficie sombreada estos tres días, el resto se ha considerado como superficie a superponer sobre los distintos pavimentos, para el cálculo del coeficiente de albedo.

Finalmente, en la tabla de cálculo, se ha precisado una hoja distinta, donde se introducirán los datos de materiales (índice de albedo), a fin de que puedan modificarse fácilmente con posterioridad, actualizándose de forma automática en el resto de la tabla. Una vez obtenida la superficie soleada (o sombreada, según corresponda) del material, se multiplica por su coeficiente de albedo, y se suma en la columna del indicador final.

Tabla 03 Coeficientes de albedo más comunes según material

Material de superficie	Coef. de albedo	Material de superficie	Coef. de albedo
Acero galvanizado	0,24	Baldosa terracota	0,28
Alquitrán y grava	0,33	Cal	0,45
Asfalto nuevo	0,04 - 0,05	Granito	0,12-0,18
Asfalto envejecido	0,1 - 0,15	Ladrillo	0,25 - 0,50
Asfalto blanco	0,2	Ladrillo amarillo	0,52
Asfalto seco	0,1 - 0,18	Ladrillo rojo	0,18
Asfalto húmedo	0,06 - 0,08	Listones de madera fresca	0,35 - 0,42
Cemento	0,55	Listones madera envejecida	0,12 - 0,16
Hormigón envejecido	0,15 - 0,3	Marga seca	0,23
Hormigón nuevo	0,4 - 0,55	Marga húmeda	0,16
Hormigón nuevo con cemento Portland blanco	0,7 - 0,8	Nieve fresca	0,75 - 0,95
Pintura acrílica blanca	0,8	Nieve vieja/derritiéndose	0,35 - 0,8
Pintura acrílica negra	0,05	Piedra	0,20 - 0,30
Arcilla húmeda	0,16	Suelo oscuro	0,05 - 0,15
Arcilla seca	0,20 - 0,35	Suelo oscuro húmedo	0,02 - 0,05
Arena oscura húmeda	0,05	Suelo "desnudo"	0,17
Arena blanca seca	0,24 - 0,32	Suelo húmedo gris	0,10 - 0,20
Arena blanca húmeda	0,11 - 0,12	Tierra oscura seca	0,07-0,08
Baldosa blanca	0,50	Yeso	0,55

Tabla coeficientes de albedo. Documento GIAU+S

Sombreamiento. Índice de densidad de sombra.

Este indicador tiene la peculiaridad de que no se aplica por ámbitos, sino que se aplica a cada elemento que proporciona sombra, bien vegetal o artificial.

Para ello simplemente se identifican en el plano, y se extrae su índice de densidad de sombra proporcionado en la tabla del documento de Asesoramiento ambiental. En el plano CAD se localizarán cada elemento con un bloque dinámico, que tenga un número y un valor de IDS para cada elemento, de modo que pueda extraerse fácilmente a Excel con la función _DATAEXTRACTION.

Se ha creado una hoja aparte en la tabla de cálculo, dada la particularidad del indicador. Luego nos servirá para decidir si la sombra de estos elementos puede considerarse como suficiente para el resto de cálculos de este tipo.

Sombreamiento. Índice de sombreado en zonas de tránsito, estanciales y global.

Para el cálculo de este indicador se requieren dos cosas: las zonas sombreadas el 21 de Junio, que se extraen del modelo 3D; y la diferenciación de zonas peatonales y estanciales, sobre el plano de CAD. Una vez tenemos esto, se extrae la superficie sombreada tanto en zonas peatonales como estanciales, y se introduce en la tabla de Excel, en columnas separadas. Posteriormente, se divide entre la superficie de tránsito y estancial total, respectivamente. La global sale automáticamente, una vez se suman las superficies en sombra de ambos tipos.

Vegetación.

En primer lugar, cabe decir que para este grupo se ha desarrollado una tarea de identificación de árboles, complicada debido al desconocimiento en general sobre la materia. Han sido de gran utilidad dos herramientas: la página web *unalcorqueunarbol.es*, del Ayuntamiento de Madrid, donde aparecen identificadas las especies vegetales situadas en la vía pública, con el perímetro del tronco, la edad relativa y un número de identificación; y la aplicación móvil *Arbolapp*, desarrollada por el CSIC, que permite paso a paso, de forma guiada, identificar especies en función de parámetros observables, tales como forma de la hoja, situación en la rama,... Esta última se utiliza para los árboles localizados en plazas o parques, donde no se clasifican en la primera herramienta.

Posteriormente, para clasificar toda esta información, se crea un bloque dinámico con todos los datos, para ubicar cada árbol en CAD. Se asigna un número de árbol a cada especie, de modo que al igual que con el Índice de Densidad de Sombra, puede exportarse esta información en una tabla de cálculo para trabajar con ella. Datos importantes a medir son el diámetro de la copa y la altura del árbol, que deben obtenerse en la visita al sitio o bien a través de fotografías, así como el ámbito en el que sitúa cada ejemplar.

Finalmente, estos datos se incorporan a la tabla Excel como una hoja independiente, de donde se extraerán datos para el cálculo de los indicadores.

Tabla 05 Propiedades ópticas de diversas coberturas vegetales

Nombre científico	Nombre común	Altura	Envergadura	Transmitancia (IDS _{vegetal})
<i>Acer negundo</i>	Arce negundo	8-10	4-6	0,5
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Falso plátano	20-25	8-10	0,1
<i>Aesculus hippocast.</i>	Castaño de indias	20-30	8-12	0
<i>Ailanthus altissima</i>	Ailanto	15-25	8-10	0
<i>Catalpa bignonioides</i>	Árbol de las trompetas	9-12	5-8	0,5
<i>Celtis australis</i>	Almez	10-20	6-8	0,1
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Macrocarpa	15-25	4-8	0,5
<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés	10-25	2-3	0
<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo	20-30	4-6	0,5
<i>Gleditsia triacanthos</i>	Acacia de tres espinas	15-20	10-12	0,3
<i>Ligustrum japonicum</i>	Aligustre de Japón	2-3	2-3	0,1
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidámbar	15-20	6-8	0,1
<i>Magnolia grandiflora</i>	Magnolio	15-25	5-8	0,2
<i>Melia azedarach</i>	Cinamomo	8-15	4-6	0,5
<i>Morus alba</i>	Morera	8-15	4-6	0,2
<i>Pinus pinea</i>	Pino piñonero	10-25	6-12	0,5
<i>Platanus orientalis</i>	Plátano europeo	20-25	6-12	0,1
<i>Platanus x hispánica</i>	Plátano de sombra	20-30	6-12	0,1
<i>Platanus x hybrida</i>	Plátano de sombra	20-30	6-12	0,1
<i>Populus alba</i>	Álamo blanco	25-30	4-6	0,7
<i>Populus nigra</i>	Álamo negro	20-30	2-4	0,1
<i>Prunus cesarifera</i>	Ciruelo de jardín	6-8	2-4	0,4
<i>Prunus domestica</i>	Ciruelo	5-8	2-4	0,3
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Acacia blanca	15-20	4-8	0,5
<i>Sophora japónica</i>	Acacia de Japón	15-20	4-8	0,5
<i>Tilia x europaea</i>	Tilo europeo	15-30	10-20	0,1
<i>Ulmus pumila</i>	Olmo de Siberia	5-10	2-5	0,35

Fuente: Elaboración propia a partir de Navés Viñas et al. (1995)

Tabla p. ópticas de coberturas vegetales. Documento GIAU+S

Vegetación. Índice de ocupación vegetal.

Para este indicador deben obtenerse de la hoja de vegetación los valores equivalentes de árboles, arbustos y herbáceas, en función de su diámetro, altura o superficie. El resultado de la suma de los valores equivalentes de árbol, arbusto y herbácea se divide entre la superficie del ámbito y se multiplica por 100.

Para obtener el dato del arbusto equivalente se ha utilizado la fórmula de Excel SUMAR.SI, que adicionaba el valor a la suma en caso de que el ámbito en el que se situaba el árbol (definido en la hoja de Vegetación) coincidía con el ámbito a calcular.

Vegetación. Índice de percepción espacial.

Primero debemos obtener, tras acotar en el plano, las dimensiones de la cuenca visual, para luego ver qué porcentaje de la misma está ocupada por vegetación. Para ello se acotan ancho y largo en el plano de CAD, y se extrae la altura bien a través de las fotografías o bien con la información disponible en el plano parcelario. Ha sido de utilidad para definir las cuencas visuales el uso de ámbitos más bien homogéneos y de geometría simple.

Posteriormente se calcula el volumen de la copa de los árboles del ámbito y se suma, dividiéndolo entre el volumen de la cuenca visual, y multiplicándolo por 100.

Índice de diversidad de especies.

Para calcular este índice se deberán primero extraer cuantas especies de cada árbol hay en cada ámbito, lo cual puede obtenerse fácilmente de la hoja de vegetación. Luego, en otra columna para cada especie, se calcula la compleja fórmula logarítmica (ver tabla de Indicador) y finalmente en la columna final de cálculo se suman todas estas fórmulas de cada especie.

Agua. Coeficiente de escurrimiento medio.

Para el cálculo de este indicador nos serviremos de las superficies que ocupa cada pavimento, extraídas en el punto "Tratamiento de superficies". Primero, en la hoja de datos, asignaremos, junto a los coeficientes de albedo, los respectivos coeficientes de escurrimiento. Estos se proporcionan en una tabla del documento de Asesoramiento ambiental. Finalmente, se suma cada material multiplicado por su coeficiente de escurrimiento, y se divide entre la superficie del ámbito.

Agua. Volumen de agua drenada y volumen de agua conducida.

Ambos son la inversa del otro, con lo que su cálculo es muy sencillo, una vez tenemos uno.

Para calcular el volumen de agua conducida se trata de calcular la escurrimiento, como en el coeficiente anterior, multiplicada por la precipitación media diaria. Sin embargo, el resultado del indicador es exactamente igual, puesto que es el mismo, multiplicando numerador y denominador por el mismo número.

El volumen de agua drenada es 1-VAC.

Agua. Índice de vulnerabilidad contaminante.

Para calcular este indicador debemos primero clasificar los pavimentos en contaminantes (superficies no permeables, aparcamientos,...) o no contaminantes (alcorques, tierra vegetal,...) o bien ambas, en los casos que sea un pavimento contaminante pero con una solución constructiva drenante.

Identificamos en la tabla de Excel, sobre la superficie de cada material (punto "Tratamiento de superficies", si es contaminante, no contaminante o ambas, referenciándose a la tabla de Datos, donde se modificarán estos valores. Luego generamos la fórmula, con no contaminantes en el numerador, contaminantes en el denominador y "ambas" tanto en la parte superior como inferior de la expresión.

2. Estado reformado.

Para el diseño de la propuesta para la plaza de Nelson Mandela, ha sido de gran ayuda el *Manual de diseño bioclimático*, donde se pueden encontrar soluciones de diseño con criterios bioclimáticos.

En primer lugar, identificaremos un conjunto de oportunidades y deficiencias, que nos ayuden en la propuesta:

Como resultado de la aplicación de indicadores, podemos decir que la plaza de Nelson Mandela tiene deficiencias principalmente en cuanto a uso de pavimentos y vegetación adecuados.

En cuanto a las características físicas, la plaza está afectada por un fuerte desnivel, actualmente superado por varias rampas. Esto podría ser de utilidad a la hora de establecer un sistema de conducción de agua, que permitiera el drenado natural de la misma.

La plaza se encuentra encajonada entre dos calles de orientación norte-sur, por lo que posee una importante componente de lugar de paso, además del propio estancial de una plaza. Es por ello por lo que podremos establecer itinerarios en la misma, que faciliten esta situación.

Finalmente, se decide que la propuesta se base en las siguientes ideas conductoras:

Uso de itinerarios estacionales. Estos tendrán diferentes características de soleamiento, vegetación, etc, de modo que cada uno de ellos sea óptimo para cada estación extrema del año (verano e invierno). La diferente vegetación y sus características harán además que la diversidad de recorridos sea mayor, aumentando el interés y la diversidad de estos. En el caso del itinerario de verano, deberá estar sombreado siempre (al norte), mientras que en el de invierno se plantea su ubicación en una zona soleada (al sur), de modo que con el uso de vegetación de hoja caduca, esté sombreado en verano y soleado en invierno.

Implementación de un sistema de recogida y drenaje natural del agua. Con el uso de la pendiente existente, podemos redirigir el agua recogida hacia zonas naturales, para asegurar la absorción del 100% del agua o bien

puede contemplarse la ubicación de un depósito de recogida, que luego se utilice para el riego de las especies de esta plaza.

Creación de zonas estanciales y de zonas de uso comunitario, tales como mercados, cine, y otros eventos. Para ello parece interesante la implementación de elementos de sombra y mobiliario móviles, que puedan facilitar su retirada para el desarrollo de las actividades arriba mencionadas. Como forma de aprovechar el desnivel se plantea la ubicación de un graderío, que sirva tanto de zona estancial como complemento a estos usos.

Finalmente, y como aspecto fundamental, se plantea el uso de pavimentos drenantes y el aumento de la diversidad de la vegetación, y su uso como elemento de sombreado natural, de termorregulación y de elemento renovador del aire. Se considera la distancia recomendada de 8m a las edificaciones, para evitar problemas con raíces, etc.

Se seguirán criterios de ubicación de zonas de infantiles de juego en espacios soleados durante todo el año, y de ubicación de pavimentos poco absorbentes y no absorbentes en función del soleamiento recibido en invierno y verano.

Cabe destacar, que a pesar de no haberse llevado a cabo en esta propuesta, tiene que tenerse en cuenta la importancia del desarrollo urbano participativo. En otras propuestas que se efectúen a este sentido, debe tenerse una especial atención a la participación ciudadana, como propugna, entre otros, Jane Jacobs, experta reconocida en esta materia.

En lo que al desarrollo formal de la propuesta, a pesar de no ser el objetivo principal de este trabajo, se ha tratado de mantener con una calidad mínima propia de un proyecto urbano que pudiera llevarse a cabo.

Como idea para el trazado de los pavimentos, se considerarán los flujos principales de la plaza, cruces de este a oeste, y en concreto suroeste-noreste, de modo que usamos estos para el trazado de la trama de pavimentos y de otros elementos como zonas verdes, jardines, etc.

En cuanto a proyectos que han servido de idea, podemos destacar el proyecto de Linazasoro para la plaza de Agustín Lara, de donde se recoge la idea de generar tramas que sigan los elementos diseñados y el uso de pavimentos drenantes, y el proyecto para la plaza Huerto de San Agustín, en Quito, donde se produce la combinación de pavimentos y espacios vegetales que se lleva a cabo también en esta propuesta.

Por lo que respecta a la elección de pavimentos y vegetación, las principales carencias de esta plaza, tras la aplicación de los indicadores, se han seguido criterios relativos a su permeabilidad, en el caso del pavimento, y del índice de densidad de sombra, en el caso de la vegetación. Así, para los pavimentos se ha seguido un patrón de creación de piezas de 5.6x2.85m, en las que por franjas, un pavimento se repite, y el otro varía en función de la zona, de modo que se puede dar unidad a la plaza y a la vez seguir los criterios climáticos adecuados. Estos pavimentos debían tener colores claros u oscuros, en función de si se ubicaban en zonas de sol o de sombra, así como ser drenantes por su método constructivo, que dejara juntas abiertas para dejar pasar el agua.

Para la vegetación se han seleccionado especies dentro del Canon de Belloch, que fueran tanto de hoja caduca, para sombrear los itinerarios de verano, como perenne, para ubicar en el centro de la plaza donde estén visibles todo el año. Además se han tratado de escoger una variedad suficiente, así como escoger especies que tuvieran resultados positivos en cuanto a absorción de la contaminación.

3. Tablas de indicadores.

Categoría	Uso del espacio público
Indicador	Índice de tráfico rodado (U_{viario})
Objetivo	Reducir la emisión de gases del tráfico rodado y reducir el uso de superficies no permeables necesarias para estos vehículos, como es el hormigón asfáltico. Ayuda además a promover el transporte alternativo (bicicleta, a pie, transporte público).
Valor mínimo	30% como valor máximo de área de calzada
Valor de mejora	<p>$U_{\text{viario}} \text{ estado reformado} \leq \alpha_{\text{viario}} \cdot U_{\text{viario}} \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$U_{\text{viario}} = (A_{\text{calzada}} / A_{\text{calle}}) \cdot 100$ (%)

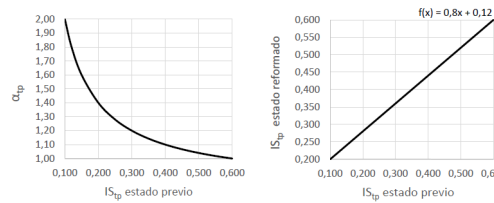
Categoría	Tratamiento de superficies
Indicador	Índice biótico del suelo (IBS)
Objetivo	Asegurar el uso de pavimentos que permitan la vida vegetal y la permeabilidad.
Valor mínimo	0,3
Valor de mejora	<p>$IBS_{\text{global}} \text{ estado reformado} \leq \alpha_{\text{biologico}} \cdot IBS_{\text{global}} \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$IBS = \sum (f_i \cdot A_i) / AT$

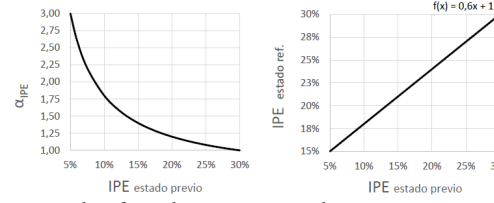
Categoría	Sombreamiento
Indicador	Índice de densidad de sombra (IDS)
Objetivo	Calificar los elementos utilizados para sombreadimiento, para asegurar una cobertura y densidad mínima.
Valor mínimo	$IDS_{\text{artificial}} \leq 0,20$ $IDS_{\text{vegetal}} \leq 0,50$
Valor de mejora	No se contempla
Fórmula	Depende del valor de cada elemento. No se aplica a ámbitos, sino a elementos de sombreadimiento.

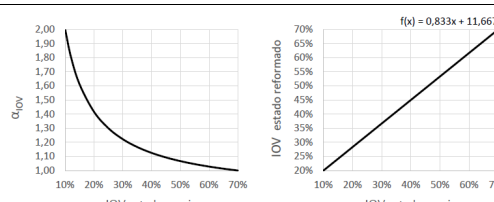
Categoría	Uso del espacio público
Indicador	Índice de aparcamiento (U_{aparca})
Objetivo	Reducir el impacto de las superficies de aparcamiento, higrótermicamente y en cuanto a calidad urbana.
Valor mínimo	20% como valor máximo sobre el área total de calle
Valor de mejora	<p>$U_{\text{aparca}} \text{ estado reformado} \leq \alpha_{\text{aparca}} \cdot U_{\text{aparca}} \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$U_{\text{aparca}} = (A_{\text{aparca}} / A_{\text{calle}}) \cdot 100$ (%)

Categoría	Uso del espacio público
Indicador	Coefficiente de albedo (Alb)
Objetivo	Optimizar el uso de pavimentos en función de su coeficiente de albedo y la radiación recibida los distintos meses del año.
Valor mínimo	Superficies soleadas 21 Junio 12:00 h solar $Alb_{\text{sol}} \geq 0,30$ Superficies sombreadas 21 Junio 12:00 h solar $Alb_{\text{sombra}} \geq 0,20$ Superficies soleadas exclusivamente 21 Diciembre 12:00 h solar $Alb_{\text{invierno}} \leq 0,20$
Valor de mejora	<p>$Alb_{\text{sol/sombra}} \text{ estado reformado} \geq \alpha_{\text{sol/sombra}} \cdot Alb_{\text{sol/sombra}} \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$Alb = \% \text{ radiación reflejada} / \% \text{ radiación recibida}$

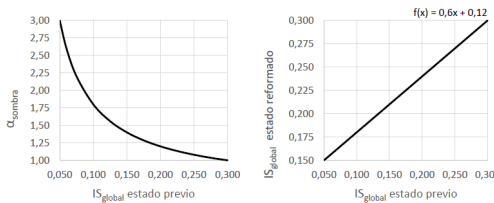
Categoría	Sombreamiento
Indicador	Índice de sombreadimiento en áreas estanciales (IS_{est})
Objetivo	Asegurar el sombreadimiento de zonas estanciales durante los meses más calurosos.
Valor mínimo	60% (el 21 de Junio a las 12.00 horas)
Valor de mejora	<p>$IS_{\text{est}} \text{ estado reformado} \leq \alpha_{\text{est}} \cdot IS_{\text{est}} \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$IS_{\text{est}} = (Sup_{\text{sombra-est}} / Sup_{\text{est}}) \cdot 100$ (%)

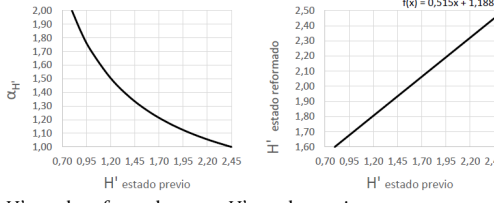
Categoría	Sombreamiento
Indicador	Índice de sombreado en áreas estanciales (IS_{trans})
Objetivo	Asegurar el sombreado de zonas estanciales de tránsito peatonal durante los meses más calurosos.
Valor mínimo	60% (el 21 de Junio a las 12.00 horas)
Valor de mejora	 <p>$IS_{tp} \text{ estado reformado} \leq \alpha_{tp} \cdot IS_{tp} \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$IS_{trans} = (Sup_{sombra-tp} / Sup_{tp}) \cdot 100 (\%)$

Categoría	Vegetación y biodiversidad
Indicador	Índice de percepción espacial (IPE)
Objetivo	Evaluar la presencia y la percepción espacial de vegetación en la cuenca visual.
Valor mínimo	30%
Valor de mejora	 <p>$IPE \text{ estado reformado} \leq \alpha_{IPE} \cdot IPE \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$IPE_{total} = 100 \cdot \sum V_{coparb} / C_{visual} (\%)$ $C_{visual} = L_{tramo} \cdot a_{tramo} \cdot h_{tramo} (m^3)$ $V_{coparb} \approx 4/3 \pi \cdot r^3 (m^3)$

Categoría	Vegetación y biodiversidad
Indicador	Índice de ocupación vegetal en el espacio público (IOV)
Objetivo	Asegurar una ocupación vegetal mínima del espacio urbano.
Valor mínimo	70%
Valor de mejora	 <p>$IOV \text{ estado reformado} \leq \alpha_{IOV} \cdot IOV \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$IOV_{total} = 100 \cdot (\sum Arb_{equivalente} + \sum Arb_{stequivalente} + \sum Herb_{equivalente}) / AT$ $Arb_{equivalente} = \phi_{copa} \cdot h (m^2)$ $Arb_{stequivalente} = A_{arbusto} \cdot 4 (m^2)$ $Herb_{equivalente} = A_{herbácea} (m^2)$

Categoría	Agua								
Indicador	Volumen de agua drenada (VAD)								
Objetivo	Asegurar una conducción limitada del agua y la escorrentía, favoreciendo la permeabilidad del suelo.								
Valor mínimo	<table border="0"> <tr> <td>Muy baja eficiencia</td> <td>$VAD < 0,25$</td> </tr> <tr> <td>Deficiente</td> <td>$0,25 < VAD < 0,35$</td> </tr> <tr> <td>Aceptable</td> <td>$0,35 < VAD < 0,50$</td> </tr> <tr> <td>Óptimo</td> <td>$0,50 < VAD$</td> </tr> </table>	Muy baja eficiencia	$VAD < 0,25$	Deficiente	$0,25 < VAD < 0,35$	Aceptable	$0,35 < VAD < 0,50$	Óptimo	$0,50 < VAD$
Muy baja eficiencia	$VAD < 0,25$								
Deficiente	$0,25 < VAD < 0,35$								
Aceptable	$0,35 < VAD < 0,50$								
Óptimo	$0,50 < VAD$								
Valor de mejora	<i>No se contempla</i>								
Fórmula	$VAD = (P_{MP} \cdot (S_1 \cdot (1-C_1) + S_2 \cdot (1-C_2) + \dots + S_n \cdot (1-C_n))) / (P_{MP} \cdot S_t) = (P_{MP} \cdot \sum S_i \cdot (1-C_i)) / (P_{MP} \cdot S_t)$ P_{MP} es la precipitación media; S es la superficie del pavimento; C es el coef. de escorrentía								

Categoría	Sombreamiento
Indicador	Índice de sombreado global (IS_{global})
Objetivo	Asegurar el sombreado global del ámbito estudiado durante los meses más calurosos.
Valor mínimo	30% (el 21 de Junio a las 12.00 horas)
Valor de mejora	 <p>$IS_{global} \text{ estado reformado} \leq \alpha_{global} \cdot IS_{global} \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$IS_{global} = (Sup_{sombra-global} / Sup_{global}) \cdot 100 (\%)$

Categoría	Vegetación y biodiversidad
Indicador	Índice de diversidad de especies (H')
Objetivo	Evaluar la presencia y la percepción espacial de vegetación en la cuenca visual.
Valor mínimo	$H' \geq 2,45\%$
Valor de mejora	 <p>$H' \text{ estado reformado} \leq \alpha_{H'} \cdot H' \text{ estado previo}$</p>
Fórmula	$H' = - \sum (P_i \cdot \log_2 P_i)$ $P_i = n_i / N$ P es la proporción de especie; n el número de la especie; N el número total de especies

Categoría	Agua								
Indicador	Coefficiente de escorrentía medio (CEM)								
Objetivo	Asegurar una conducción limitada del agua y la escorrentía, favoreciendo la permeabilidad del suelo.								
Valor mínimo	<table border="0"> <tr> <td>Muy baja eficiencia</td> <td>$CEM > 0,75$</td> </tr> <tr> <td>Deficiente</td> <td>$0,75 > CEM > 0,65$</td> </tr> <tr> <td>Aceptable</td> <td>$0,65 > CEM > 0,50$</td> </tr> <tr> <td>Óptimo</td> <td>$0,50 > CEM$</td> </tr> </table>	Muy baja eficiencia	$CEM > 0,75$	Deficiente	$0,75 > CEM > 0,65$	Aceptable	$0,65 > CEM > 0,50$	Óptimo	$0,50 > CEM$
Muy baja eficiencia	$CEM > 0,75$								
Deficiente	$0,75 > CEM > 0,65$								
Aceptable	$0,65 > CEM > 0,50$								
Óptimo	$0,50 > CEM$								
Valor de mejora	<i>No se contempla</i>								
Fórmula	$CEM = (S_1 \cdot C_1 + S_2 \cdot C_2 + \dots + S_n \cdot C_n) / St = (\sum S_i \cdot C_i) / St$ (adimensional) P_{MP} es la precipitación media; S es la superficie del pavimento; C es el coef. de escorrentía								

Categoría	Agua								
Indicador	Volumen de agua conducida (VAC)								
Objetivo	Asegurar una conducción limitada del agua y la escorrentía, favoreciendo la permeabilidad del suelo.								
Valor mínimo	<table border="0"> <tr> <td>Muy baja eficiencia</td> <td>$VAC > 0,75$</td> </tr> <tr> <td>Deficiente</td> <td>$0,75 > VAC > 0,65$</td> </tr> <tr> <td>Aceptable</td> <td>$0,65 > VAC > 0,50$</td> </tr> <tr> <td>Óptimo</td> <td>$0,50 > VAC$</td> </tr> </table>	Muy baja eficiencia	$VAC > 0,75$	Deficiente	$0,75 > VAC > 0,65$	Aceptable	$0,65 > VAC > 0,50$	Óptimo	$0,50 > VAC$
Muy baja eficiencia	$VAC > 0,75$								
Deficiente	$0,75 > VAC > 0,65$								
Aceptable	$0,65 > VAC > 0,50$								
Óptimo	$0,50 > VAC$								
Valor de mejora	<i>No se contempla</i>								
Fórmula	$VAD = (P_{MP} \cdot (S_1 \cdot C_1 + S_2 \cdot C_2 + \dots + S_n \cdot C_n)) / (P_{MP} \cdot S_t) = (P_{MP} \cdot \sum S_i \cdot C_i) / (P_{MP} \cdot S_t)$ P_{MP} es la precipitación media; S es la superficie del pavimento; C es el coef. de escorrentía								

4. Conclusiones.

Por lo que respecta a los resultados de los indicadores en el estado previo, y de cara a futuras proyectos que el Ayuntamiento decida llevar a cabo, podemos decir que los resultados han sido negativos en cuanto a vegetación y uso de pavimentos drenantes y con un coeficiente de albedo adecuado, por lo que las propuestas deberían centrarse en estos aspectos. Los resultados han sido sin embargo mejores en cuanto a sombreado y uso del espacio público.

Con nuestra propuesta, se ha logrado una mejora en estos aspectos, como queda reflejado en el cálculo del estado reformado. Una cuidadosa selección de vegetación y de pavimentos son las claves que han hecho posible el avance, así como un diseño centrado en las condiciones climáticas, como ha sido el caso de los itinerarios estacionales. La posibilidad de adaptación estacional es otro aspecto básico, como demuestran el uso de vegetación de hoja caduca y elementos de sombreado móviles.

Para soportarlo con datos, podemos decir que el número de indicadores positivos ha pasado de 2 a 14, y de óptimos de 2 a 6. La ocupación vegetal ha pasado del 30 al 94%, una diferencia del 64%, y el índice biótico del suelo del 0.009 al 0.38 (en tanto por uno), mejoras más que sustanciales. Si bien el número de árboles no se ha incrementado de forma notoria, sí lo han hecho el número de especies arbustivas, herbáceas y en general de especies vegetales. Mientras que antes sólo había árboles de un tipo, ahora hay tres tipos de árboles y cuatro de arbustos.

Al final del segundo panel se adjunta la tabla con los porcentajes de mejora de cada indicador, resaltando aquellas más importantes. El hecho de que algunas superen el 1000% se debe a que su cumplimiento previo era ínfimo, por ejemplo el 0.009 del IBS, antes mencionado.

Finalmente, sólo queda volver a destacar la importancia de la implementación de medidas de prevención de los efectos del cambio climático, y que estas estén destinadas al campo donde más influencia tendrán con posterioridad en las condiciones de vida de las personas, tales como son el urbanismo y la construcción. Estos indicadores son un medio para cuantificar y evaluar estos aspectos, así como para establecer los valores mínimos deseados.

5. Bibliografía.

- NEILA GONZÁLEZ, F. Javier, NÚÑEZ PEIRÓ, Miguel & ROMÁN LÓPEZ, Emilia (2016). Asesoramiento ambiental para el desarrollo de medidas de adaptación al Cambio Climático. Ámbito de la plaza de Julián Marías, Usera, Madrid. ABIO, UPM. Ayto. de Madrid, Madrid.
- FARIÑA TOJO, José & LUXÁN, Margarita de (2015) Medidas para la mitigación y la adaptación al cambio climático en el planeamiento urbano. FEMP, Madrid.
- TAPIA, C., ABAJO, B., FELIU, E., FERNÁNDEZ, J. G., PADRÓ, A. & CASTAÑO, J. (2015). Análisis de vulnerabilidad ante el cambio climático en el Municipio de Madrid. Dirección general de Sostenibilidad y Control Ambiental, Ayto. de Madrid, Madrid.
- ARMOUR, Tom, MAGNINI, Elisa & SCHEMEL, Stephanie (2015). Madrid+Natural (Dosieres). Ayto de Madrid, Madrid.
- HERNÁNDEZ AJA, Agustín, FARIÑA TOJO, José, et al. (2013). Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança, Portugal.
- SÁNCHEZ-GUEVARA SÁNCHEZ, C., NÚÑEZ PEIRÓ, M. & NEILA GONZÁLEZ, F. Javier (2017). Urban Heat Island and Vulnerable Population. The Case of Madrid. In P. Mercader-Moyano (Ed.), Sustainable Development and Renovation in Architecture, Urbanism and Engineering (pp. 3-13). Springer International Publishing.
- NAVARRETE, Alba, TULA G. MÉNDEZ, María, NAVARRETE, Gonzalo (2016). Itinerarios habitables. Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible, Ayto. de Madrid.
- LINAZASORO, Ignacio (1999). Proyecto para la reforma de la plaza de Agustín Lara.
- Instituto Geográfico Nacional (2015). MTN25. Hoja 559-III. Ministerio de Fomento, Madrid.
- (2015). Ortofoto PNOA 2015. Hoja 559. Ministerio de Fomento, Madrid.