

	Proyecto de Fin de Carrera Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla	
---	--	---

Aplicación y mejora del método francés **ADEQUA**

(Metodología de evaluación de un proyecto de urbanización
sostenible de un barrio)

Autora: **Ana Aznar Blanes**

Profesor: **D. Servando Álvarez Domínguez**

Octubre 2006

1	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	ANTECEDENTES.....	4
1.2	OBJETO.....	5
1.3	ALCANCE.....	6
2	DEFINICIÓN DEL MÉTODO.....	7
2.1	ANTECEDENTES.....	7
2.2	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO.....	9
2.3	OBJETIVOS E INDICADORES.....	10
2.3.1	Objetivo “Preservar los recursos” (RES).....	10
2.3.2	Objetivo “Preservar el ecosistema” (ECO).....	13
2.3.3	Objetivo “Mejorar la calidad de los ambientes” (AMB).....	15
2.3.4	Objetivo “Preservar la salud y considerar los riesgos” (RIS).....	20
3	APLICACIÓN DEL MÉTODO	24
3.1	EL PROYECTO “ESPACES GARE”	24
3.1.1	El barrio oeste	28
3.2	APLICACIÓN DEL MÉTODO AL BARRIO OESTE.....	32
3.2.2	Valor de los indicadores para el barrio oeste.....	39
3.2.3	Presentación de los resultados.....	40
3.3	COMPARACIÓN ENTRE LOS BARRIOS ESTE, OESTE Y SUR.....	46
3.3.1	Valor de los indicadores para los tres barrios.....	46
3.3.2	Presentación de los resultados.....	47
3.4	ANÁLISIS CRÍTICO	50
4	OPTIMIZACIÓN DEL MÉTODO	52
4.1	PUNTOS A MEJORAR.....	52
4.1.1	Descripción de las limitaciones.....	52
4.1.2	La hipótesis de ocupación.....	53
4.1.3	Verificación de la coherencia de los resultados.....	54
4.2	MEJORAS PROPUESTAS	56
4.2.1	Modificación de la hipótesis de ocupación.....	56
4.2.2	Análisis de los resultados obtenidos.....	60
5	APLICACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN	62
5.1	NUEVOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN	62
5.1.1	Valor de los indicadores.....	62
5.1.2	Presentación de los resultados.....	63
5.1.3	Conclusión.....	65
5.2	ESTUDIO DE OTROS PARÁMETROS.....	66
5.2.1	Influencia de la compacidad.....	66
5.2.2	Otros parámetros influyentes.....	70
6	CONCLUSIÓN	74
7	ANEXO.....	76
7.1	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL BARRIO OESTE	76
7.1.1	Resultados antes de la mejora del método.....	76
7.1.2	Resultados después de la mejora del método.....	79
7.2	RESULTADOS PARA EL BARRIO ESTE.....	82
7.2.1	Resultados antes de la mejora del método.....	82

7.2.2	<i>Resultados después de la mejora.....</i>	85
7.3	RESULTADOS PARA EL BARRIO SUR	88
7.3.1	<i>Resultados antes de la mejora.....</i>	88
7.3.2	<i>Resultados después de la mejora.....</i>	91
7.4	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LOS EDIFICIOS.....	94
7.4.1	<i>Antes de la mejora del método</i>	94
7.4.2	<i>Después de la mejora del método.....</i>	97
7.5	PLANOS.....	100
8	BIBLIOGRAFÍA.....	102

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El presente proyecto se ha elaborado a partir de las prácticas realizadas por la autora en el L.E.P.T.A.B, laboratorio perteneciente a la universidad de La Rochelle (Francia), como parte del master cursado en dicha universidad en el marco del programa Sócrates/Erasmus en el Curso Académico 2005/2006.

El L.E.P.T.A.B es el laboratorio de estudio de fenómenos de transferencia aplicados a la construcción, formado por profesores e investigadores del departamento de ingeniería civil y mecánica de la universidad de La Rochelle. La línea de investigación de este laboratorio está dirigida más específicamente al estudio de fenómenos de transferencia de calor y de masa aplicados a los espacios habitados. Actualmente, sus temas de investigación se organizan alrededor de tres ejes: métodos numéricos y modelado de transferencias turbulentas, control de la calidad de los espacios habitables y fenómenos de transferencia en los materiales de débil porosidad.

En la línea del control de la calidad de los espacios habitables el L.E.P.T.A.B ha desarrollado el método ADEQUA, que consiste en una metodología de evaluación de un proyecto de urbanización sostenible de un barrio. Este método es una contribución al proyecto nacional francés del mismo nombre iniciado por el Ministerio de Obras Públicas y la ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie): el proyecto ADEQUA (Aménagement Durable à l'Echelle du QUArtier).

El método ADEQUA se presenta como una herramienta de ayuda a la decisión durante la realización o rehabilitación de un barrio. A partir de la cuantificación de una serie de indicadores, relacionados con la noción de desarrollo sostenible, permite evaluar o comparar diferentes alternativas de un proyecto con el fin de determinar los aspectos positivos y negativos de cada una.

Una primera aplicación de este método se ha realizado a petición del urbanista *Espaces Ferroviaires*. El L.E.P.T.A.B ha participado en la urbanización de una zona situada en el centro de la ciudad de La Rochelle (Francia), a través de la evaluación de alternativas proyectadas y propuestas por el estudio de arquitectura e ingeniería *AREP*. El estudio porta sobre tres barrios respectivamente al este, al oeste y al sur de la estación ferroviaria. La evaluación solamente se ha realizado a los barrios este y sur.

Así pues, lo que se pretende realizar es la aplicación del método en el estudio del barrio oeste para determinar las ventajas y limitaciones de la alternativa y utilizar estos resultados y los obtenidos en la evaluación de los otros barrios para llevar a cabo una optimización del método.

Por último, indicar que este método está dirigido a todas las personas que intervienen en un proyecto de urbanización de un barrio, siendo estas los profesionales de la construcción, los arquitectos urbanistas y las colectividades locales. Por lo que serán ellos los que finalmente decidan si se realizan o no las modificaciones propuestas en las diferentes alternativas después de su evaluación con el método ADEQUA, es decir este método es sólo una ayuda en la toma de decisiones.

1.2 Objeto

Este proyecto tiene como objeto detallar el trabajo realizado para la optimización del método ADEQUA antes comentado. Esta mejora del método será realizada a partir de la aplicación a un caso de estudio y su comparación con otros casos estudiados previamente. La nueva versión del método ofrecerá las mismas posibilidades que la primera pero con una mayor precisión en los resultados.

1.3 Alcance

Este proyecto abarca el proceso completo de aplicación del método ADEQUA a un barrio así como el proceso seguido para la optimización de algunos aspectos de dicho método a partir de esta aplicación. Esto es, como resultado se tendrá el mismo método con ciertas modificaciones que permitirán una mejor evaluación de las alternativas de barrios propuestas. Por tanto, se incluyen las siguientes tareas:

- Descripción del método existente y definición de los criterios utilizados para la evaluación de los proyectos.
- Aplicación del método en el estudio de un caso (barrio oeste del proyecto “Espaces Gare”) e interpretación de los resultados obtenidos.
- Análisis crítico del método a partir de la comparación de los resultados obtenidos en la evaluación de los barrios oeste, este y sur.
- Descripción de las limitaciones del método, realización de las mejoras y verificación de las mismas.
- Nueva aplicación del método, realizados los cambios, a los tres casos evaluados con la primera versión del mismo.
- Propuesta de estudio de otros parámetros influyentes en el método con el objeto de futuras mejoras.

2 DEFINICIÓN DEL MÉTODO

A continuación se define la naturaleza del método y se describen los criterios que se utilizan para evaluar las diferentes alternativas.

2.1 Antecedentes

La consideración de la noción de desarrollo sostenible en el dominio de la construcción a escala de un barrio está en el origen del método ADEQUA. Esta noción existe desde hace muchos años y su importancia crece a medida que aumenta la conciencia de los peligros en un futuro para el planeta y sus ocupantes, sin embargo el desarrollo sostenible no se limita únicamente a un aspecto medio ambiental.

El desarrollo sostenible es un desarrollo que responde a las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para responder al suyo. El desarrollo sostenible implica una visión ampliada del bienestar humano, una perspectiva a largo plazo de las consecuencias de las actividades actuales y una cooperación global para llegar a soluciones viables. El objetivo es anticipar los problemas futuros o incluso contribuir a mejorar la organización de la gestión medio ambiental asociando las competencias diversificadas de todos los participantes.

En la práctica se presenta frecuentemente como la búsqueda del equilibrio entre tres factores: el social, el medio-ambiental y el económico. Ninguno de ellos debe ser favorecido o devaluado en detrimento de los otros. Diferentes modelos se han desarrollado en torno a estos factores y la aplicación de los mismos a las distintas disciplinas ha conducido a numerosas definiciones de la noción de desarrollo sostenible. En el sector de la construcción, aplicar el desarrollo sostenible implica la consideración de numerosos aspectos ligados a estos tres factores, tales como: gestión de la energía, diversidad social, calidad del aire, red de transportes, calidad del agua, gestión de los residuos, aspecto económico, etc.

La construcción juega un papel muy importante principalmente por la cantidad de residuos que genera, por los recursos consumidos durante la explotación de los edificios (agua, iluminación, calefacción, mantenimiento) así como por otros aspectos sociales (por ejemplo la calidad de vida). La calidad medio ambiental de los edificios consiste en controlar los impactos de los mismos sobre el medio ambiente exterior y en crear ambientes interiores sanos y confortables. Se trata de una respuesta operacional a la necesidad de integrar los criterios de desarrollo sostenible en la actividad del edificio. La voluntad de desarrollo sostenible en este sector ha llevado a nuevas exigencias en los edificios. El proyecto ADEQUA ha trasladado esta voluntad a la escala de un barrio. A día de hoy no existe una solución perfecta de urbanización sostenible, pero existen numerosas soluciones más o menos restringidas para optimizar el aspecto social, minimizar los impactos medio-ambientales, reducir los costes, etc. Así pues el método ADEQUA se presenta como una metodología de análisis que permite optimizar estos aspectos en la concepción de un conjunto de edificios.

Una antecedente a este método es el planteamiento HQE (Haut Qualité Environnemental), promovido por la asociación HQE creada en 1996. Esta asociación agrupa a los profesionales de la construcción para desarrollar de forma concertada la calidad medioambiental (tantos los impactos sobre el exterior como la calidad de los espacios interiores) de los edificios. Este planteamiento ha supuesto una primera etapa francesa de compromiso con el desarrollo sostenible en la construcción y desde su creación ha suscitado un interés creciente por la creación de edificios respetuosos con el hombre y el medioambiente. Consciente de la escala de estudio limitada que representa el edificio y su parcela para la consideración de los múltiples aspectos asociados a la noción de desarrollo sostenible ha aumentado su campo de acción a la escala de un barrio. Este es el objetivo también del método ADEQUA. La orientación elegida es sin embargo diferente puesto que la asociación HQE desea proponer un planteamiento apoyado por un sistema de dirección de las operaciones (actividades de planificación, responsabilidades, procesos y recursos a elaborar, procedimientos, etc.), mientras que la idea del proyecto ADEQUA es establecer un método de evaluación de los proyectos de urbanización de barrios.

2.2 Descripción del método

El método ADEQUA es una herramienta de ayuda a la decisión durante la realización o rehabilitación de un barrio. El objetivo es de servir de ayuda a la hora de decidir pero no de decidir en lugar de los responsables del proyecto de construcción. Esto significa que el método permite visualizar las consecuencias positivas y negativas de cada alternativa de un proyecto.

Este método consiste en la definición y evaluación de un cierto número de criterios ligados a la noción de desarrollo sostenible que deben ser tenidos en cuenta en la elaboración de un proyecto. Así pues, una alternativa o propuesta de un barrio es evaluada a partir de un conjunto de objetivos, ellos mismos definidos por diferentes indicadores que responden a los criterios.

El papel de los objetivos es de ofrecer un ángulo de visión sobre el proyecto, sintetizando la totalidad de aspectos a tener en cuenta. Su utilización permite igualmente no reducir la evaluación de las alternativas a una nota global, es difícil reducir a una sola cifra la complejidad del desarrollo sostenible y de sus múltiples dimensiones. El sistema de objetivos ha sido decidido por los participantes del proyecto ADEQUA, estos últimos representantes de varias disciplinas y varios oficios. Los ocho objetivos sobre los cuales se basa el método ADEQUA son:

- Preservar los recursos (RES).
- Preservar el ecosistema (ECO).
- Mejorar la calidad de los ambientes (AMB).
- Preservar la salud y considerar los riesgos (RIS).
- Consideración del patrimonio (PAT).
- Favorecer el desarrollo local (LOC).
- Reforzar la vida social (SOC).
- Valorar el papel del barrio en la ciudad (VAL).

Las alternativas solamente se han evaluado según los cuatro primeros objetivos porque los demás no están todavía operacionales.

La cuantificación de los indicadores asociados a los objetivos permite evaluar cuantitativamente y comparar diferentes alternativas de urbanización de un barrio. Esta cuantificación está basada en la utilización de programas de simulación.

Para cada objetivo el conjunto de indicadores asociados es representado sobre un diagrama radar que permite visualizar gráficamente las ventajas y limitaciones de una alternativa así como comparar diferentes alternativas a fin de ayudar al usuario a determinar la mejor alternativa según la noción de desarrollo sostenible. Ésta será la más alejada del centro porque el óptimo del diagrama es la curva exterior del mismo.

Se describen a continuación los indicadores utilizados para la evaluación de los diferentes proyectos.

2.3 Objetivos e indicadores

Las alternativas de urbanización propuestas son evaluadas según cuatro ángulos distintos u objetivos los cuales se presentan a continuación.

2.3.1 Objetivo “Preservar los recursos” (RES)

Los recursos en cuestión son el agua, la energía, el suelo y los otros recursos abióticos agotables (materiales de construcción y combustibles). Por cada tipo de recurso se define un indicador.

2.3.1.1 Energía

Este indicador representa el consumo energético del barrio. Se calcula en función del consumo de cada tipo de energía convertida en energía primaria con el fin de poder tener en cuenta diferentes tipos de energía distribuidos sobre una base homogénea. Para cada julio de energía utilizada, la energía primaria necesaria para su producción es

detallada en la tabla 1, esta energía tiene en cuenta la producción de energía desde las fases preliminares de extracción de los combustibles (como el petróleo o el uranio) o de otros recursos (hidroelectricidad por ejemplo).

Tabla 1: Equivalencias entre energía utilizada y energía primaria

Recurso	Unidad	Energía primaria
Lignito	kg	9,5
Carbón duro	kg	19
Energía geotérmica	MJ	1
Biomasa	MJ	1
Energía cinética (mareomotriz, viento)	MJ	1
Energía potencial del agua	MJ	1
Energía solar	MJ	1
Gas de mina	kg	39,8
Gas de petróleo	Nm ³	45
Gas natural	Nm ³	39
Uranio	kg	900000
Petróleo bruto	kg	45600
Madera de bosque seco	t	20300

2.3.1.2 Agua

Este indicador mide la cantidad de agua consumida a nivel del barrio para el ciclo de vida completo de los edificios del mismo. Eso incluye igualmente el consumo doméstico de los habitantes.

Si se desea se puede sustraer la cantidad de agua recuperable por la instalación de sistemas de recuperación sobre los tejados. La cantidad de agua recuperable [m³/ año] se puede calcular a partir del producto de la superficie de tejado disponible [m²] por la pluviométrica local [m³/ (m²* año)].

2.3.1.3 Suelo

Este indicador representa el consumo de superficie equivalente de terreno. Se estima gracias a la suma de cada m² de terreno multiplicado por un coeficiente de uso C_u dependiendo del tipo de terreno. La comparación entre la superficie equivalente de terreno del proyecto estudiado y el estado inicial nos permite conocer el cambio del

valor ecológico del terreno. El coeficiente de uso del suelo varía de 0 a 1, el valor mínimo corresponde a una zona natural y el valor máximo a una zona artificial construida estanca y sin vegetación.

Tabla 2: Valores del coeficiente de uso C_u de las diferentes superficies urbanas

Categoría de superficie	Características principales	Coeficiente de uso C_u
Tejido urbano continuo	Cubierto principalmente por edificios o carreteras, del 80 al 100 % de la superficie	0,95
Lugar industrial o comercial	Principalmente superficies artificiales sin vegetación (hospitales, centros comerciales, universidades)	0,95
Zonas portuarias	Muelles, talleres navales e infraestructuras portuarias con exclusión de cuencas de agua	0,95
Aeropuertos	Pistas, edificios y zonas vegetales asociadas	0,90
Carreteras y redes férreas	Autopistas y carreteras de un mínimo de 100 metros de ancho	0,90
Tejido urbano discontinuo	Superficie mixta vegetal artificial, 50 al 80 % de la superficie es artificial	0,85
Zonas agrícolas cultivadas	Terrenos cultivados	0,75
Zonas urbanas verdes	Autopistas y carreteras de un ancho mínimo de 100 metros	0,70
Instalaciones deportivas y de ocio	Por ejemplo campings, terrenos deportivos, campos de golf	0,70
Zonas agrícolas de ganadería	Pastos	0,55
Zonas forestales	Bosques y landas	0,35
Playas y dunas	Con exclusión de las superficies artificiales	0,25
Zonas húmedas	Ciénagas, pantanos parcialmente explotados	0,15

Optimizar este indicador significa consumir el menor suelo posible para construir los edificios o las carreteras. Este indicador está de acuerdo con la búsqueda de una compacidad máxima para el barrio, sin embargo con una mayor precisión puesto que se considera el tipo de utilización del suelo.

2.3.1.4 Recursos abióticos agotables

Este indicador expresa el conjunto de recursos agotables consumidos. Se calcula a partir de un análisis del ciclo de vida de los edificios. El cálculo se puede efectuar con el programa EQUER desarrollado por el Centro Energético y de Procedimientos (CEP) de la Escuela de Minas de Paris. “El indicador de agotamiento de recursos de EQUER se obtiene sumando las cantidades de materias primas utilizadas para la fabricación del producto estudiado dividido por las reservas. No tiene por tanto dimensiones.” Sólo los

recursos que pueden llegar a ser insuficientes en los siguientes 100 años son tenidos en cuenta, una parte de estos recursos se presenta en la tabla 3.

Tabla 3: Recursos agotables y reservas disponibles

Símbolo	Sustancia	Reservas	Unidad
Recursos energéticos			
-	Petróleo bruto	123559	Megatonelada
-	Gas natural	109326	10 ⁹ m ³
U	Uranio	1676820	Tonelada
Metales			
Cd	Cadmio	0,535	Megatonelada
Cu	Cobre	350	Megatonelada
Hg	Mercurio	0,0057	Megatonelada
Ni	Níquel	54	Megatonelada
Pb	Plomo	75	Megatonelada
Sn	Estaño	4,26	Megatonelada
Zn	Zinc	147	Megatonelada

2.3.2 Objetivo “Preservar el ecosistema” (ECO)

La conservación del ecosistema requiere minimizar los riesgos para la fauna y la flora. Eso requiere la consideración de los impactos en el conjunto del ciclo de vida del barrio. Al igual que para el objetivo de conservación de los recursos, el análisis del ciclo de vida del barrio se basa únicamente en los edificios y en el comportamiento de los habitantes.

2.3.2.1 Acidificación

Las emisiones de las sustancias presentadas en la tabla 4 implican lluvias ácidas que tienen un impacto en la vegetación de manera directa (alteración superficial) o indirecta (empobrecimiento del suelo). Este indicador representa pues la emisión de este tipo de sustancias.

Tabla 4: Potencial de acidificación de las diferentes sustancias

Fórmula	Sustancia	AP
SO ₂	Dióxido de azufre	1,0
NO	Monóxido de nitrógeno	1,07
NO ₂	Dióxido de nitrógeno	0,7
NO _x	Óxido de nitrógeno	0,7
NH ₃	Amoníaco	1,88
HCL	Ácido clorhídrico	1,88
HF	Ácido fluorhídrico	1,6

La formación de lluvias ácidas, que contienen respectivamente ácido sulfúrico o ácido nítrico, es la consecuencia de reacciones químicas entre el azufre o los óxidos de nitrógeno con el ozono de la estratosfera, el agua y el oxígeno. Estas reacciones químicas y por tanto el impacto de las emisiones dependen igualmente de la “concentración de fondo”, quiere decir de la concentración de otras emisiones en la misma región.

2.3.2.2 Eco-toxicidad

Este indicador permite tener en cuenta los impactos de las emisiones del barrio sobre la fauna y la flora. Estas sustancias nocivas proceden de materiales y del consumo de energía (principalmente la utilización de carbón, pero no únicamente).

El cálculo de la eco-toxicidad de las sustancias se basa en el método de los volúmenes críticos, con el fin de poder evaluar los efectos que dependen de la concentración en contaminantes y de su propia nocividad. Para cada contaminante se define una concentración máxima tolerable C_m (kg/m³). El volumen crítico se obtiene por tanto dividiendo las emisiones por C_m . El indicador se obtendrá sumando los volúmenes críticos V_c de cada contaminante.

En el caso de la eco-toxicidad, los índices correspondientes al contrario de C_m se dan para dos medios: ECA (Ecotoxicological Classification factor for Aquatic ecosystems) para el medio acuático y ECT (Ecotoxicological Classification factor for Terrestrial ecosystems) para el medio terrestre. La eco-toxicidad terrestre se tiene en cuenta por el indicador de toxicidad humana (objetivo “preservar la salud y controlar los riesgos”).

2.3.2.3 Eutrofización excesiva o distrofia

La eutrofización corresponde al enriquecimiento del agua en sales minerales, a partir de los años 70 este término ha evolucionado y actualmente es empleado para definir el ahogo de los medios acuáticos debido a un enriquecimiento excesivo. El sobre-enriquecimiento del medio favorece el crecimiento de algas que proliferan y que, al cabo de un plazo, asfixian el medio por la disminución de la transparencia del agua (bloqueo de la fotosíntesis) y por el empobrecimiento en oxígeno debido a la descomposición de algas muertas por los microorganismos. Las causas son los vertidos industriales y urbanos, así como la utilización excesiva de estiércoles.

Este indicador representa el volumen en m³ de agua contaminada.

2.3.2.4 Residuos inertes últimos

Los residuos inertes últimos corresponden a la cantidad de residuos últimos restantes después de la selección, reciclaje o incineración. El indicador se define como la suma de las cantidades de diversos tipos de residuos multiplicados por los factores de equivalencia definidos en la tabla 5.

Tabla 5: Factores de equivalencia entre los tipos de residuos

Tipo de centro de almacenaje	Tipo de residuo	Costes, margen (medio) [€/tonelada]	Tonelada equivalente (Clase III)
Clase III	Residuo inerte	3-12 (7,5)	1
Clase II	Residuo industrial banal	30-60 (45)	6
Clase I	Residuo industrial especial	120-200 (160)	21

2.3.3 Objetivo “Mejorar la calidad de los ambientes” (AMB)

En este objetivo se incluye el conjunto de indicadores que permiten juzgar la calidad de los ambientes interiores y exteriores propuestos a los futuros habitantes del barrio, esta distinción interior-exterior es utilizada a continuación para presentar los indicadores.

2.3.3.1 Ambiente interior

El ambiente interior propuesto a los futuros habitantes debe ser considerado durante la evaluación de los proyectos de urbanización de un barrio. La escala del estudio implica un débil conocimiento del interior del edificio (disposición de los espacios, sistemas, materiales), sin embargo el urbanista, por sus elecciones puede tener una influencia directa sobre este ambiente (citamos por ejemplo las cuestiones de iluminación natural), y puede hacer propuestas a los futuros constructores de viviendas concerniendo al confort higrotérmico o acústico.

2.3.3.1.1 Confort higrotérmico

Este indicador evalúa el confort interior que se ofrecerá a los futuros habitantes. Se da una nota N_{confort} en función de las intenciones frente a las condiciones de confort interior de los edificios. Esta nota va de 0 a 10, considerando la escala siguiente: 0/10 en caso de respeto mínimo de la reglamentación, 5/10 cuando el confort global es objeto de una atención especial y 10/10 corresponde al confort óptimo deseado, es decir que los habitantes no sufrirán ningún período de inconfort durante el año. La nota global corresponde a la media de las notas asignadas a los edificios. La notación depende de las elecciones tecnológicas consideradas, lo que podrá tener consecuencias en el consumo energético por edificio.

Además, el programa COMFIE desarrollado por el CEP y por IZUBA Energie, permite calcular en paralelo al consumo energético de un edificio su tasa de inconfort, que representa el porcentaje del tiempo de ocupación durante el cual la temperatura de la zona es superior a 27 ° C o inferior a 16 ° C. Se propone ponderar esta tasa en función de la superficie habitable de cada edificio con el fin de evaluar el barrio entero. El límite superior de temperatura es difícil de establecer porque la sensación de confort depende igualmente de otros parámetros térmicos tales como la temperatura de las paredes, la velocidad del aire, la vestimenta de los ocupantes o la temperatura exterior. Depende también de parámetros no térmicos relacionados a cada individuo como la edad, el estatus económico, el contexto (tipo de edificio, funciones, estación, clima) y las interacciones con el medio ambiente (iluminación, acústica, calidad del aire). Se ha

preferido considerar un límite superior de 25 ° C en lugar de 27 ° C, esta elección se basa en la literatura.

2.3.3.1.2 Visibilidad interior

La visibilidad interior se refiere a una persona situada en el interior de una vivienda, es decir lo que ve una persona con respecto a las otras viviendas. Esta visibilidad depende de la distancia entre las fachadas de los edificios; la visibilidad del cielo desde las fachadas depende igualmente de este parámetro y será por tanto más débil cuanto más reducida es la distancia entre los edificios. Se propone por tanto cuantificar la visibilidad interior a partir de la proporción de cielo que las superficies pueden ver.

2.3.3.1.3 Iluminación natural

La iluminación interior depende a la vez de la iluminación natural procedente del exterior y de la iluminación artificial puesta en el lugar. Parece inútil considerar la iluminación artificial porque la reglamentación impone un nivel de iluminación mínimo en función del uso. A nuestro nivel de intervención, es mejor buscar maximizar la iluminación natural, esto significa reducir las máscaras y aumentar la superficie acristalada. Las máscaras son tenidas en cuenta por la limitación con respecto a los otros edificios. El parámetro útil es por tanto la relación del acristalamiento total con respecto a la superficie habitable total.

2.3.3.1.4 Espacio interior

La última parte relacionada con el confort interior es el espacio medio habitable por persona que los edificios del barrio pueden ofrecer. Este espacio corresponde a la relación de la superficie habitable total del barrio con respecto al número de habitantes. El fin de esta aproximación es evitar la disparidad de tamaños de las viviendas; de todas formas los datos disponibles no nos permiten estudiar el plano de cada edificio para proceder a un análisis más fino.

2.3.3.2 Ambiente exterior

2.3.3.2.1 Confort acústico

Se consideran cuatro criterios: el nivel sonoro en fachada de día y de noche y el nivel sonoro en el suelo de día y de noche.

El artículo 15 de la ley francesa nº 92-1444 del 31 de diciembre de 1992 introduce el término de “puntos negros a suprimir”, siendo éstos las zonas habitadas sometidas a niveles sonoros muy excesivos. El límite se establece en 70 dB entre las 6h y las 22h y de 65 dB durante la noche, esta medida se realiza en el exterior, a 2 m delante de las fachadas con las ventanas cerradas.

A partir de estos cuatro valores de referencia, se han construido cuatro criterios:

- El porcentaje de fachadas donde se respeta el límite de 70 dB durante el día.
- El porcentaje de fachadas donde se respeta el límite de 65 dB durante la noche.
- El porcentaje de suelo donde se respeta el límite de 70 dB durante el día.
- El porcentaje de suelo donde se respeta el límite de 65 dB durante la noche.

La noche se considera desde las 22 h a las 6 h y el día desde las 6 h a las 22 h. La proporción de superficie se ha calculado a partir de la discretización de cada superficie en un mallado de puntos espaciados 2 metros. Esta distancia es un buen compromiso entre la precisión deseada y las capacidades de los ordenadores disponibles hoy en día.

Las previsiones de ruido se realizan mediante programas informáticos basados en la norma NMPB96 establecida por la directiva europea. El modo de previsión será detallado en el caso de aplicación del método.

2.3.3.2.2 *Visibilidad exterior*

Los indicadores aquí presentados se refieren a la visibilidad interurbana en los espacios abiertos así como la visibilidad de lugares notables desde el interior de las viviendas. Se ha considerado la apertura del cielo, que representa el sentimiento de confinamiento experimentado por un observador situado en el espacio abierto. Existen varios métodos para el cálculo de la apertura del cielo, en este caso se ha decidido cuantificar la apertura del cielo a partir de la media de los factores de forma entre cada elemento de superficie y el cielo. El factor de forma caracteriza la proporción de cielo que puede ver la superficie.

Con el fin de tener en cuenta la visibilidad de lugares notables, definimos como indicador, una nota que va de 0 a 1. Los lugares notables agrupan el conjunto de lugares en los cuales la visibilidad permite mejorar la sensación de confort visual, son por ejemplo los monumentos o las obras de arte, los paisajes como el mar o la montaña o cualquier otro punto de interés definido como tal por los habitantes.

La nota 0 corresponde a la invisibilidad completa de los lugares notables desde el conjunto del barrio y la nota 1 significa que todos los lugares notables son visibles desde el conjunto del barrio. La evaluación de la visibilidad puede hacerse a partir de planos en 2D o 3D, a partir de maquetas si están disponibles o incluso con la ayuda de herramientas informáticas.

2.3.3.2.3 *Insolación*

Se considera el nivel de insolación relativo recibido por las superficies. Para las diferentes tipologías de superficie, se cuantifica la proporción (o nivel) de insolación recibida en función del valor máximo de la insolación global recibida (directa + difundida + reflejada) en el barrio.

A continuación, los criterios se calculan en función de la tipología de la superficie:

- Para los espacios verdes donde la insolación buscada es máxima, el criterio corresponde a la media de las proporciones de insolación recibida por el conjunto de parques.
- Todo el mundo debe tener acceso al sol. Para las fachadas, en el caso del clima francés se considera que lo ideal es maximizar la insolación recibida (desde el punto de vista de la iluminación pero también desde el punto de vista de la calidad de vida y del consumo de energía).

La maximización de la insolación recibida puede tener consecuencias negativas en verano a nivel de confort o de consumo de energía, sin embargo es a nivel de los edificios que se debe buscar minimizar los aportes solares en verano (mejora de las propiedades de las superficies acristaladas). En efecto, es difícil prever las máscaras a la escala del barrio que permitan reducir los aportes solares durante el verano garantizando aportes solares en invierno.

- En el caso donde se haya considerado utilizar la energía solar gracias a captadores solares térmicos o fotovoltaicos localizados en los tejados, será necesario tener en cuenta la radiación recibida por los tejados de los edificios.
- Por último, se define un indicador que permite caracterizar la homogeneidad en el reparto de radiación sobre el conjunto de fachadas del barrio.

2.3.4 Objetivo “Preservar la salud y considerar los riesgos” (RIS)

Este objetivo agrupa tres categorías: la salud, la seguridad y los riesgos.

Se propone por el momento los indicadores relativos a la calidad del aire, al riesgo de calentamiento global del planeta, a la toxicidad humana y los riesgos debidos a la proliferación de residuos nucleares.

2.3.4.1 Efecto invernadero

El efecto invernadero es responsable del calentamiento planetario, atrapando una parte de la radiación infrarroja emitida en dirección del cielo por la Tierra que se comporta como un cuerpo negro. Es un fenómeno necesario porque sin él la temperatura de la Tierra caería a -18°C , pero actualmente una concentración demasiado importante de gas de efecto invernadero en la atmósfera corre el peligro de llevar consigo un aumento de la temperatura demasiado importante. Las consecuencias anunciadas son el aumento del volumen del agua del mar (por la fundición de los glaciares), la disminución de la superficie terrestre, la desaparición de numerosas especies, el aumento de la pluviométrica e incluso la modificación de las corrientes marinas.

El potencial del efecto invernadero de un barrio se calcula por tanto a partir de los potenciales de diferentes gases de efecto invernadero llamado GWP (Global Warming Potencial) y que se expresa en Kg equivalentes de CO_2 . Un gas no tendrá las mismas consecuencias en 20 años, 50 años, 100 años o más; eso es principalmente debido al hecho de que los gases se descomponen a diferentes velocidades unos de otros.

El programa EQUER basa el cálculo de las equivalencias en una duración de 100 años y los valores del GWP propuestos provienen del Internacional Panel on Climate Change, IPCC.

2.3.4.2 Toxicidad humana

En el caso de la toxicidad humana, el efecto inducido de una sustancia no depende de la concentración en el medio, sino de la dosis de exposición. Ésta corresponde a la relación entre la masa de contaminante inhalada o ingerida en una cierta duración y la masa del individuo. Este indicador permite tener en cuenta los impactos tóxicos de un barrio sobre la población. Está considerado a la escala media del planeta porque su efecto no es obligatoriamente local. El modo de cálculo de este indicador se detalla en el modo de empleo del programa. Por resumir, la eco toxicidad de cada sustancia se expresa en Kg de carne humana contaminada en una exposición máxima tolerable y se obtiene sumando las emisiones emitidas en el aire (respectivamente el agua y el suelo)

multiplicadas por HCA (respectivamente HCW y HCS). Estos tres últimos acrónimos representan los índices de las sustancias:

- HCA (Human toxicological Classification factor for the Air) para el medio atmosférico.
- HCW (Human toxicological Classification factor for Water) para el medio acuático.
- HCS (Human toxicological Classification factor for the Soil) para el medio terrestre.

Son los materiales de construcción o el consumo de energía quienes están en el origen de estas emisiones, como por ejemplo el acero de construcción (0,05 Kg. de carne humana contaminada por Kg. de acero), el zinc (0,38 Kg. de carne humana contaminada por Kg.), la electricidad nuclear (32,22 Kg. de carne humana contaminada por TJ consumido) o la calefacción con fuel (329,10 Kg. de carne humana contaminada por TJ consumido).

2.3.4.3 Smog de verano

La palabra smog es un neologismo formado a partir de las palabras inglesas smoke (humo) y fog (niebla); las partículas finas y el ozono son dos constituyentes importantes. Distinguimos el smog de verano y el smog de invierno. El ozono aumenta los fenómenos de lluvia ácida y tiene igualmente repercusiones directas sobre la salud humana, sobre ciertas culturas y sobre el envejecimiento de ciertos plásticos. El smog de verano procede de la producción de ozono fotoquímico, quiere decir de la descomposición de sustancias bajo el efecto del brillo solar. El ozono proviene de reacciones fotoquímicas complejas entre los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV), a los que llamamos precursores. El ozono se forma esencialmente durante el verano, durante los mediodía muy calurosos y soleados, o cuando el viento es débil. Además de reducir la visibilidad, las partículas pueden

penetrar en el sistema respiratorio y causar riesgos en la salud de las personas en particular en las personas vulnerables tales como los niños y las personas mayores.

2.3.4.4 Residuos radioactivos

Los residuos se clasifican en función de su actividad y de su duración de vida. Los residuos de categoría A son de débil o media actividad y están destinados a estar almacenados del orden de 300 años. Los residuos de categoría B son igualmente de actividad media o débil, pero contienen elementos de muy largo período como en el caso de los residuos de categoría C, los cuales son de muy alta actividad. Los residuos de tipo B y C deben permanecer confinados durante millares de años. El indicador utilizado se calcula por la suma del conjunto de estos residuos, estando las cantidades expresadas en dm^3 , el cálculo no tiene en cuenta el tipo de residuo pues se da por hecho que todos los residuos deben ser almacenados durante un período superior a los 100 años.

3 APLICACIÓN DEL MÉTODO

A petición del urbanista *Espaces Ferroviaries* el L.E.P.T.A.B ha participado en la urbanización de una zona situada en el centro de la ciudad de La Rochelle (Francia), a través de la evaluación de alternativas proyectadas y propuestas por el estudio de arquitectura e ingeniería *AREP*.

El proyecto, denominado “Espaces Gare”, comprende la construcción de tres barrios respectivamente al este, al oeste y al sur de la estación ferroviaria. Este proyecto ha sido concebido con la idea de realizar barrios ejemplares. El control de la energía y la protección del medio ambiente son los objetivos principales, acompañados de otros aspectos como la consideración de ruidos (debidos al tráfico rodado y al tráfico ferroviario) y la gestión de los transportes. Es por esta razón que el L.E.P.T.A.B, a partir de la evaluación con el método ADEQUA, interviene en la toma de decisiones durante el proceso de concepción de cada barrio. Los aspectos en los que colabora son los relacionados con los cuatro primeros objetivos descritos anteriormente (RES, ECO, AMB y RIS). Más específicamente, sobre los aspectos de insolación, iluminación natural, visibilidad interior y exterior, acústica exterior, consumo energético y análisis del ciclo de vida.

Las alternativas para los barrios este y sur han sido ya evaluadas. Así pues, se presenta en primer lugar el estudio del barrio oeste y después la comparación entre los tres barrios que servirá para detectar las limitaciones del método.

3.1 *El proyecto “Espaces Gare”*

El proyecto “Espaces Gare” ha sido concebido para responder a los objetivos urbanos siguientes:

- Reforzar el papel de la estación, su posición de monumento.

- Realizar una continuidad urbana. La zona a urbanizar se encuentra en el centro de barrios de tipologías muy diferentes y este proyecto constituirá un fuerte vínculo estructurante entre la parte antigua de la ciudad y la periferia de la estación.
- Mejorar las condiciones de comunicación urbana de esta zona y disminuir los conflictos relacionados con la congestión del tráfico en el centro de la ciudad y en la plaza de la estación, en coherencia con la voluntad general de reducir el papel de los vehículos particulares en beneficio de los peatones, de otros medios de menor impacto y de la calidad del marco de vida.

Para ello prevé la urbanización de 12 hectáreas situadas alrededor de la estación ferroviaria de La Rochelle, como se muestra en la figura.

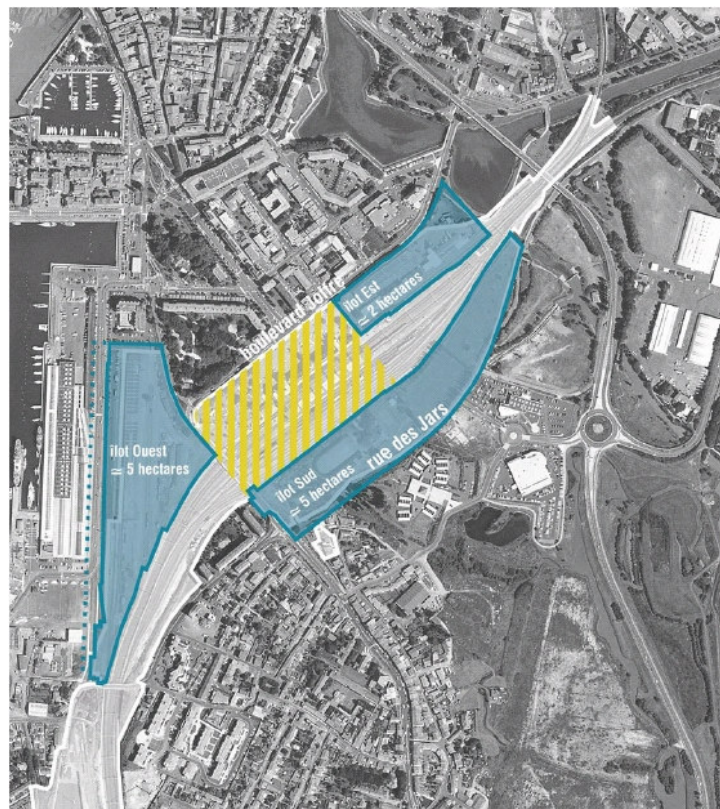


Ilustración 1: Presentación del proyecto “Espaces Gare”

La zona rayada en amarillo corresponde a la estación ferroviaria y las marcadas en azul son los tres barrios respectivamente el este, al oeste y al sur de la misma.

El proyecto se inscribe en la lógica urbana de la ciudad. Esta lógica se refiere a los aspectos de accesibilidad entre barrios y dentro de los propios barrios, de trama viaria (coches, peatones, transporte público y transporte público en carril propio), de trama vegetal con sus funciones sociales, económicas y medioambientales y en último lugar los aspectos de las construcciones que resultan y que vienen a acompañar los ejes y las nuevas vías identificadas.

“Espaces Gare” pone en evidencia el papel de articulación del barrio de la estación:

- Por las vías: favoreciendo los modos suaves y los caminos peatonales al norte (en particular desde la estación hacia el centro de la ciudad y el acuario), la fluidez al sur, gracias a la creación del paseo del barrio de Minimes que, alternado con la pertinente situación de parques, propone una verdadera alternativa de comunicación de las instalaciones principales de atracción de la ciudad: palacio de congresos / acuario / museo marítimo y plaza de la estación.
- Por los transportes: favoreciendo los cambios entre las distintas modalidades de transporte con un enlace eficaz entre los vehículos particulares y los otros modos, así como medidas que refuerzan la zona de intercambios, como por ejemplo un parking de larga duración.
- Por la coherencia urbana: tratando de articular el conjunto de barrios urbanos separados hoy en día por las influencias ferroviarias, en el lado oeste hacia el palacio de congresos y el acuario, en el sur hacia el barrio de Tasdon y en el lado este hacia el bulevar Joffre y tratando de favorecer la continuidad urbana librándose de la presencia de vías férreas.

Por último indicar que el proyecto “Espaces Gare” es una “Zone d’Aménagement Concertée (ZAC)”.

Definición de una “Zone d’Aménagement Concertée (ZAC)”

La ZAC es un procedimiento francés de urbanismo instituido por la ley de orientación territorial del 30 de diciembre de 1967.

Las ZAC son zonas en cuyo interior una colectividad pública decide intervenir y llevar una política voluntaria para realizar o hacer realizar la urbanización y equipamiento de los terrenos con objeto de cederlos a usuarios públicos o privados. Una ZAC puede permitir la ejecución de una política de renovación urbana o un desarrollo urbano controlado de reservas territoriales. La superficie de una operación de este tipo varía desde algunas hectáreas a algo más de una centena. Los objetivos de urbanización pueden concernir el desarrollo de actividades económicas o la producción de una oferta diversificada en viviendas, eventualmente los dos. En todos los casos, se realizan los equipamientos de interés colectivo o público, es lo que diferencia una ZAC de una parcelación por ejemplo. Se trata por tanto de verdaderas operaciones urbanas diversificadas. El conjunto de procedimientos asociados a la ZAC permite:

- El control territorial (eventualmente por expropiación si una Declaración de Utilidad Pública es pronunciada).
- El control de reparto de terrenos y la asignación de los suelos.
- La realización de servicios de vías y de equipamientos públicos necesarios para el buen funcionamiento de un nuevo barrio, cuya naturaleza se determina después de la concertación de población y del estudio del impacto de la operación en el medio ambiente.
- Definir con precisión el contenido del programa, planificar y controlar la programación de diversos equipamientos evitando así la urbanización golpe a golpe, a merced de oportunidades territoriales.

La ZAC se inscribe en un marco reglamentario con:

- Una concertación previa de la población sobre los objetivos de urbanización (el balance de esta concertación es presentada al Consejo Municipal).
- Una aprobación del Consejo Municipal del balance de la concertación previa al proyecto de creación de la ZAC y un dossier de creación conteniendo un informe de presentación, un plano de situación, un plano de delimitación del perímetro y un estudio de impacto.
- Una aprobación por el Consejo Municipal de un dossier de realización con un programa de construcción, un programa de equipamientos públicos previstos y la planificación en el tiempo de la financiación del conjunto de la operación.
- La aprobación por el Consejo Municipal de la supresión de la ZAC permite acabar con la operación de urbanización.

3.1.1 El barrio oeste

El barrio oeste situado entre el Palacio de Congresos y la estación ferroviaria prevé la urbanización de 5 hectáreas. Actualmente, la zona a urbanizar está ocupada principalmente por un parking que da servicio al Palacio de Congresos, el Acuario y el Museo Marítimo de La Rochelle.



Ilustración 2: Estado actual de la zona donde se construirá el barrio Oeste

La vocación de este proyecto es de reforzar el papel de “escaparate” del conjunto de este barrio situado enfrente de los equipamientos citados anteriormente. La urbanización se aplicará basándose en los principios siguientes:

- Una composición urbana cuyo refuerzo es la nueva explanada del Palacio de Congresos, eje viario principal y según el cual se estructura el barrio oeste.

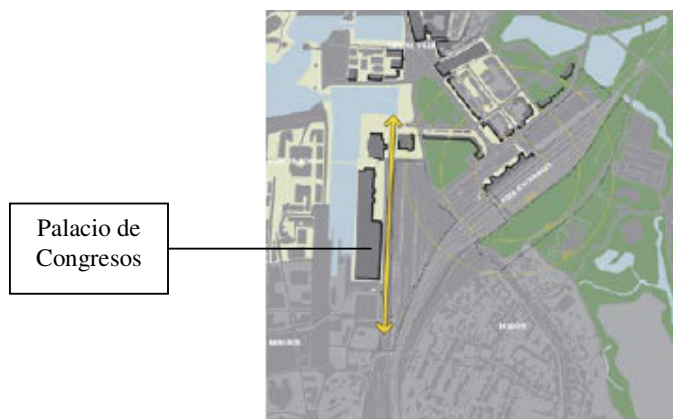


Ilustración 3: Mapa de la zona oeste

- Una organización donde los edificios de viviendas se alinean sobre el eje principal y los edificios dedicados a diferentes actividades (hosteleras, ocio, comercio, etc.) se sitúan en cada uno de los extremos; permitiendo la posibilidad de crear vías peatonales transversales y grandes espacios abiertos visuales.

Tabla 6: Dimensiones características del barrio oeste

Número de zona	1	2	3	4	5	6	7
Superficie de comercios (m ²)	2317	115	115				
Superficie de viviendas (m ²)		4085	6725	7218	7239	3073	
Superficie de oficinas (m ²)	1888						
Superficie de actividades de ocio (m ²)							6000
Superficie de hotel (m ²)	4520						
Superficie de parking (m ²)							12564
Superficie total útil (m²)	8725	4200	6840	7218	7239	3073	18564

- Una confirmación del estatus de zona de ocio y animación, completándolo con equipamientos urbanos: parque de estacionamiento público subterráneo, desarrollo de la conexión peatonal con la estación, el centro histórico y el barrio de la Ville en Bois.
- Una dimensión medioambiental y paisajista que permita la implantación de una construcción residencial, gracias a la creación de un parque público en la prolongación de los espacios verdes existentes y que se extienda hasta las vías ferroviarias, creando así una pantalla visual al futuro barrio.
- Un eje peatonal y para ciclistas que enlace la estación con el Acuario, el Palacio de Congresos y el centro histórico.



3.2 Aplicación del método al barrio oeste

La evaluación del barrio oeste con el método ADEQUA se basa en los cuatro objetivos descritos anteriormente y sus indicadores asociados. Éstos se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 7: Objetivos e indicadores utilizados para la evaluación del barrio oeste

Objetivo “Preservar los recursos”
Consumo de energía primaria
Consumo de agua
Consumo de superficie equivalente de terreno
Consumo de recursos abióticos agotables
Objetivo “Preservar el ecosistema”
Emisión de sustancias que producen lluvia ácida
Emisión de sustancias tóxicas para la fauna y la flora local
Emisión de sustancias que producen una eutrofización excesiva de los medios acuáticos
Producción de residuos inertes últimos
Objetivo “Mejorar la calidad de los ambientes”
Condiciones de confort higrotérmico y de corrientes de aire
Visibilidad interior
Iluminación interior
Espacio habitable disponible por habitante
Confort acústico exterior
Visibilidad exterior
Insolación
Objetivo “Preservar la salud y considerar los riesgos”
Emisión de gases que producen efecto invernadero
Emisión de sustancias tóxicas para el hombre
Emisión de gases que conducen al smog de verano
Producción de residuos radioactivos

El proceso seguido ha consistido en primer lugar en conocer el valor de los criterios que definen los indicadores. Para ello han sido necesarias las características constructivas del futuro barrio así como los resultados obtenidos tras una serie de simulaciones llevadas a cabo con programas informáticos. A continuación estos datos son introducidos en una hoja de cálculo (herramienta interactiva desarrollada en el método ADEQUA) que permite calcular los diferentes indicadores y a partir de ellos obtener una nota media por objetivo. Estos indicadores son normalizados entre 0 y 1 a partir de valores de referencia elegidos para poder representarlos a continuación sobre diagramas radares.

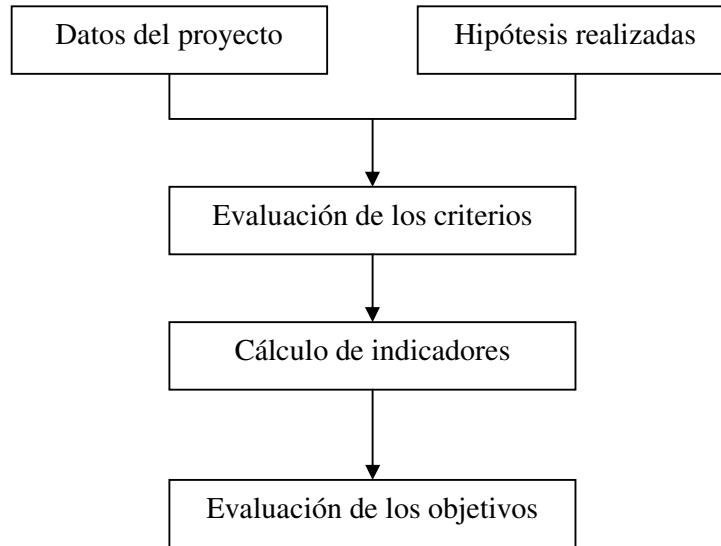


Ilustración 5: esquema del proceso seguido en la evaluación

En el momento de evaluación de un proyecto éste se encuentra normalmente en un estado avanzado, sin embargo se dispone de pocos datos precisos y definitivos del barrio y los edificios que lo componen. Ante esta falta de datos numerosas hipótesis son por tanto necesarias, la elección de los valores se realiza a partir de la experiencia adquirida con otros barrios o a partir de medidas o cálculos procedentes de la literatura. La evaluación propuesta tiene por objetivo principal ayudar a definir la mejor forma para los edificios y la localización de los espacios. Estas elecciones tendrán consecuencias sobre el conjunto de los indicadores así como las hipótesis realizadas. Con el fin de limitar la influencia de éstas se han considerado las mismas para cada variante. A medida que el proyecto avance, será posible fijar diferentes variables y calcular más precisamente los indicadores.

Se presenta a continuación las simulaciones realizadas y las hipótesis adoptadas para el cálculo de los criterios necesarios para la evaluación de los indicadores.

barrio. Todos los edificios susceptibles de enmascarar una parte del brillo solar son representados, ellos son considerados también en la simulación porque reflejan una parte del brillo solar. Las fachadas más alejadas no son consideradas: la vegetación presente sobre el terreno enmascara el brillo reflejado por estas superficies. La vegetación es igualmente omitida porque es demasiado compleja para estimar (coeficiente de transmisión variable a lo largo del tiempo, evolución del follaje según las estaciones, crecimiento de la vegetación, etc.)

Los resultados de estas simulaciones permitirán calcular los siguientes indicadores: el indicador de insolación recibida y los indicadores de visibilidad exterior e interior.

3.2.1.2 Simulaciones acústicas

Para las simulaciones acústicas a la escala del barrio se ha utilizado el programa Sound PLAN. Este programa permite prever los niveles sonoros en las fachadas de los edificios e igualmente en los espacios exteriores. Después de introducir el relieve del terreno y la morfología de los edificios es necesario identificar las fuentes sonoras: las carreteras, los parking y las vías férreas. La definición precisa de estas fuentes es lo verdaderamente importante en las previsiones acústicas.

Los valores utilizados para el tráfico de carretera son dados por la ciudad y la comunidad de aglomeración y en el caso del tráfico ferroviario son dados por la SNCF. El tráfico durante el día corresponde al período que va desde las 6 h de la mañana hasta las 22 h de la noche y el tráfico nocturno es el correspondiente al período que va desde las 22 h de la noche hasta las 6 h de la mañana. Los valores obtenidos son el resultado del recuento realizado durante varias semanas y solamente los valores de las dos últimas columnas son estimaciones. En efecto, estas vías tienen tráfico no necesariamente considerado.

Tabla 8: Hipótesis de tráfico rodado para los cálculos acústicos

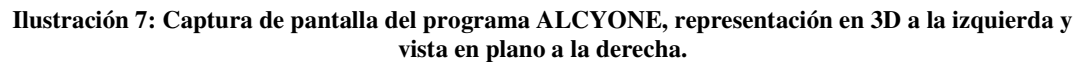
Nombre del tramo	Av. du Général de Gaulle	Av. du Général de Gaulle	Av. du 123eme Régiment	Boulevard Joffre	Boulevard Joffre	Boulevard Joffre	Boulevard Joffre	Rue de "l'Encan"	Rue Emile Normandin	Calles de tráfico más débil	Calles de tráfico muy débil
Principio	Quai Valin	Av. de Colmar	Quai Valin	Av. du 123eme Régiment	Av. du Général de Gaulle	Rue de l'Ouvrage à Corne	Rue du Docteur Schweitzer	Rue Sennac de Meillan	Boulevard Joffre		
Fin	Av. de Colmar	Boulevard Joffre	Boulevard Joffre	Av. du Général de Gaulle	Rue de l'Ouvrage à Corne	Rue du Docteur Schweitzer	Av. de Romsay	Av. du 123eme Régiment	Av. Jean Moulin		
Anchura [m]	7	16	14	16	15	10	10	9	8	7	3,75
Tipo de [via]	2	2	3	2x2	2x2	2x2	2x2	2	2	2	1
Vehículos ligeros por hora de día	456	849	661	1012	1907	1907	1166	1441	1256	200	100
Vehículos ligeros por hora de noche	48	89	69	106	200	200	144	152	132	20	10
Vehículos pesados por hora de día	24	45	35	53	100	100	32	76	66	20	8
Vehículos pesados por hora de noche	3	5	4	6	11	11	4	8	7	2	1

Se calculan así los criterios correspondientes al indicador confort acústico exterior.

3.2.1.3 Estudio energético y análisis del ciclo de vida

Para el cálculo de los otros indicadores es necesario utilizar un programa que efectúa el análisis de ciclo de vida completo de los edificios. Se ha utilizado el programa EQUER desarrollado por la CEP de la Escuela de Minas de París y comercializado por IZUBA Energie. Este programa se complementa con el uso de otros dos programas COMFIE y ALCYONE que facilitan la recogida de datos.

Cada edificio ha sido analizado de manera independiente. El proceso ha consistido en utilizar los programas ALCYONE, COMFIE y después EQUER.



Las elecciones efectuadas están orientadas a optimizar la consumición energética de los edificios. Las primeras hipótesis conciernen a la composición de los edificios, estas hipótesis son detalladas en la tabla siguiente.

Tipo de pared	Descripción
Piso sobre terreno $U = 0,84 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	20 cm de hormigón 4 cm de poliestireno expandido 5 cm de mortero 2 cm de embaldosado
Paredes verticales $U = 0,38 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	5 cm de ladrillo 10 cm de lana de roca 16 cm de hormigón 1 cm de yeso Color liso blanco al exterior
Ventanas $U = 2,47 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	PVC Doble cristal 4.12.4 Coeficiente U de la parte acristalada = $2,80 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Coeficiente U de la parte no acristalada = $1,70 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Factor solar medio : 0,57
Tejado $U = 0,39 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	16 cm de hormigón 10 cm de lana de roca

Metodología de evaluación de un proyecto de urbanización sostenible de un barrio

acristalada se ha realizado utilizando tamaños y número de ventanas de forma proporcional a las dimensiones de las fachadas y distribuidas uniformemente. En cuanto a los edificios próximos sólo se han considerado aquellos que por su posición y altura actúan de máscara respecto al edificio que se estudia en cuestión.

Los datos han sido a continuación importados por COMFIE que permite realizar una simulación térmica del edificio. Ésta necesita diferentes hipótesis:

- El escenario de ocupación corresponde a una ocupación mínima.
- El escenario de calefacción considera una consigna de 19° C de 7 h de la mañana a 21 h y una consigna de 15° C el resto del tiempo.
- No se prevé ninguna climatización.
- Se considera una ventilación de 0,6 vol/h.
- La simulación corresponde a un año entero (fichero meteorológico TRY para La Rochelle) con un paso de tiempo de una hora.

El programa permite determinar para cada zona las necesidades de calefacción, las temperaturas máximas, mínimas y medias e igualmente la tasa de incomfort. Para el cálculo de la tasa de incomfort en los edificios, se considera el porcentaje de tiempo de ocupación durante el cual la temperatura de la zona es superior a 25°C e inferior a 16°C.

Finalmente, el programa EQUER carga el fichero de resultados de COMFIE y efectúa los cálculos del análisis del ciclo de vida en función de las hipótesis sobre la mezcla de producción eléctrica de base y para la calefacción, el rendimiento del recurso del agua, el consumo de agua por persona, los residuos (colecta, selección, incineración y distancia al sitio de selección o reciclaje) y sobre los transportes (tipo, distancia, modo). Los valores propuestos por defecto por el programa son utilizados cuando no hay información específica del barrio.

La mezcla de producción eléctrica que se utiliza es de 78 % nuclear, 14 % hidroeléctrica, 4 % de gas y 4 % de carbón. Y la mezcla de producción eléctrica para la calefacción es de 37 % nuclear, 28 % de carbón, 15 % hidroeléctrica, 10 % de gas y 10 % de fuel.

La energía utilizada para la calefacción de los edificios y el agua caliente sanitaria es el gas natural.

A nivel de residuos y del transporte las precisiones son dadas, las cuales son consideradas en el cálculo de la energía primaria consumida. Para los residuos, las distancias elegidas son: distancia de descarga de 3 Km, distancia del incinerador de 7 Km y distancia del centro de reciclaje de 10 Km. El período de estudio se ha fijado en 100 años.

La ocupación de los edificios se define como mínima para que el comportamiento de los usuarios no tome una parte importante en los consumos y emisiones durante el cálculo del análisis de ciclo de vida de los edificios. En efecto el estudio tiene por objetivo la definición de la forma de los edificios, su implantación y la atribución de las superficies (espacios verdes, caminos, etc.). Estando definida la ocupación edificio por edificio, es difícil definir la misma ocupación global para cada alternativa de barrio; la definición de una ocupación mínima reduce los errores de definición de ocupación. Esto tiene por consecuencia que el análisis del ciclo de vida del barrio concierna casi exclusivamente al edificio y no a los usuarios.

3.2.2 Valor de los indicadores para el barrio oeste

Las simulaciones anteriores permiten obtener los valores de los criterios asociados a los indicadores. Aplicados estos datos en el método ADEQUA se consiguen los valores del conjunto de indicadores. Para el caso del barrio oeste estudiado, estos valores son los siguientes:

Tabla 10: Valor de los indicadores para el barrio oeste

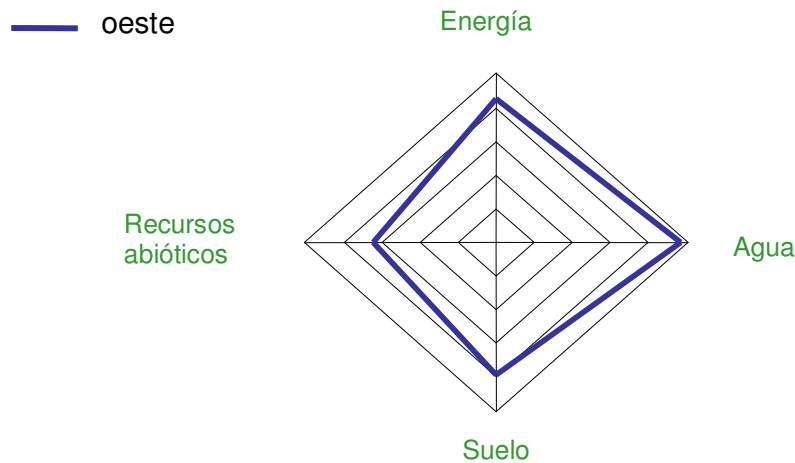
	oeste
RES	
Energía	0,85
Agua	0,96
Suelo	0,78
Recursos abióticos	0,64
ECO	
Acidificación	0,97
Eco-toxicidad	0,99
Eutrofización	0,97
Residuos inertes	0,97
AMB	
Confort interior	0,17
Visibilidad interior	0,34
Iluminación natural	0,42
Espacio habitable	0,80
Confort acústico	0,51
Visibilidad exterior	0,68
Insolación	0,48
RIS	
Efecto invernadero	0,23
Toxicidad humana	0,96
Smog de verano	0,89
Residuos radioactivos	0,89

Para analizar los resultados se representan a continuación estos indicadores sobre diagramas radares, uno por cada objetivo. El óptimo de estos diagramas es la curva exterior y la escala va de 0 a 1, con lo que los indicadores próximos a la unidad son los que corresponden a la situación deseada.

3.2.3 Presentación de los resultados

A diferencia de los otros dos barrios este y sur, en el que se han propuesto diferentes alternativas para cada uno, el estudio de arquitectura ofrece una única alternativa para el barrio oeste. Es por esta razón que no se puede decidir si esta alternativa es mejor respecto a otras porque no hay con quien comparar. Lo que si se indica a continuación son los puntos fuertes de la propuesta así como posibles mejoras a realizar respecto a determinados aspectos.

“Preservar los recursos” (RES)



El consumo total de estos cuatro recursos por el conjunto de edificios del barrio oeste procede del cálculo efectuado por EQUER. Éste distingue las fases de construcción del edificio, de utilización (los datos de consumo provienen de la simulación realizada por COMFIE), de renovación y de demolición. El cálculo se efectúa edificio por edificio, sumando el consumo total de cada uno de ellos.

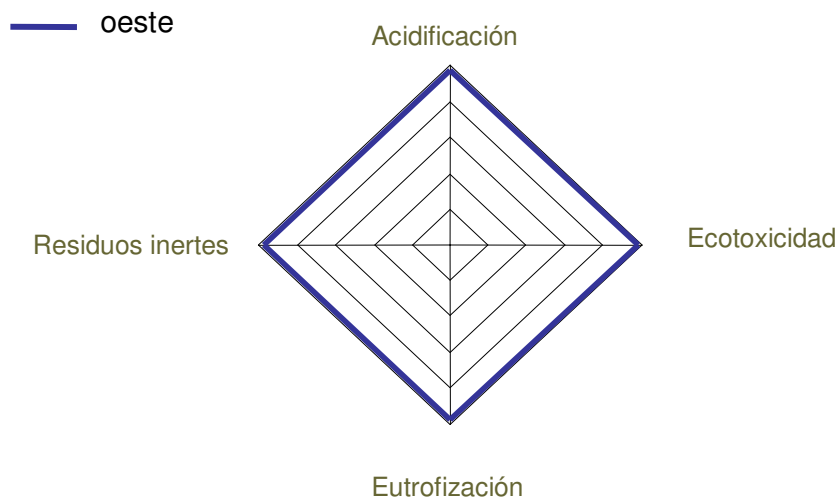
La energía primaria consumida por esta alternativa es de 534 000 MWh y en el caso del agua es de 2 730 000 m³, recursos cuyo consumo corresponde en gran medida a usos domésticos y por tanto dependen principalmente de la ocupación de los edificios. En el caso del agua se ha tenido en cuenta el agua recuperada de la lluvia, para ello se ha considerado que un 30 % de los tejados de los edificios sirven para la recuperación. Para este caso la superficie útil es de 4121 m² y la pluviométrica anual de La Rochelle según las estadísticas meteorológicas de 0,68 m³/ (m² * año), por lo que la recuperación de agua será pues de 2800 m³/ año. Para ambos recursos el valor de los indicadores es prácticamente óptimo: 0,85 para la energía y 0,96 para el agua.

En el caso del suelo el valor del indicador es 0,78. El reparto de la superficie es de 13738 m² de suelo urbano continuo (superficie artificial), 15001 m² de suelo urbano discontinuo (superficie mixta artificial –vegetal) y 21261 m² de instalaciones deportivas y de ocio. De acuerdo con el coeficiente de uso, el aumento de este último tipo de

superficie o la creación de zonas verdes optimizaría el indicador de consumo de suelo. No obstante el valor es aceptable.

Por último, el indicador con un valor más débil es el correspondiente al agotamiento de recursos abióticos, siendo éste de 0,64. Su consumo para esta alternativa es de $774 \cdot 10^{-9}$. Este valor del indicador puede deberse principalmente a la superficie de paredes en contacto con el exterior. Una reducción de las mismas conllevaría una reducción en el consumo de este indicador así como en el consumo energético.

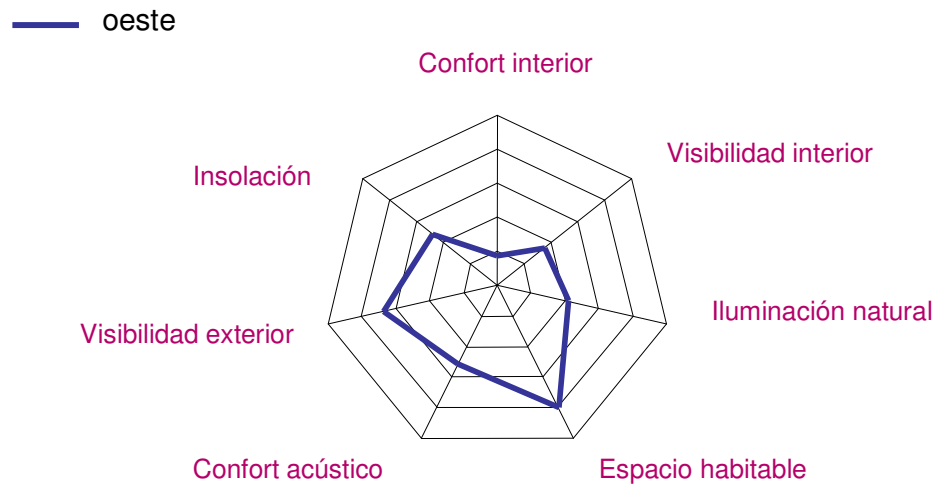
“Preservar el ecosistema” (ECO)



Al igual que para el objetivo anterior el cálculo de estos indicadores se realiza a partir de las simulaciones efectuadas con el programa EQUER. Para la acidificación se ha obtenido 185 000 kg eq SO_2 , la ecotoxicidad acuática representa alrededor de 659 000 000 m^3 de agua contaminada, la eutrofización inducida es de 20 800 kg eq PO_4^{-3} y los residuos producidos 80 900 T eq.

Para este objetivo el valor de los indicadores es prácticamente la unidad, el valor más bajo es 0,97. Se puede considerar por tanto que los aspectos relacionados con estos indicadores están optimizados. Estos valores proceden principalmente de los edificios de 6 plantas que ofrecen mejores resultados energéticos (por sus dimensiones) y por lo tanto limitan las consecuencias negativas vinculadas a la utilización de la energía.

“Mejorar la calidad de los ambientes” (AMB)



En primer lugar se analizan los indicadores correspondientes con la calidad de los ambientes interiores.

El indicador de confort interior se calcula en función de la nota de confort y la tasa de incomfort. Se ha elegido para la primera un coeficiente de ponderación de 0,3 y para la segunda un coeficiente de 0,7, porque la información de esta última es más precisa. La nota de confort elegida es de 5/10. Esto significa que la comodidad interior es objeto de una atención especial, sin que por ello esté prevista una comodidad óptima. La tasa de incomfort se calcula a partir de la suma ponderada en función de la superficie de cada edificio, lo que nos permite obtener la tasa de incomfort del barrio, que en este caso es de 35 %. Realizados los cálculos el valor del indicador es de 0,17. Este valor tan bajo se explica por la elección de no considerar ningún sistema de climatización en los edificios; sin embargo es importante recordar que la elevada tasa de incomfort no implica obligatoriamente la necesidad de climatizar los edificios. Se pueden estudiar otras soluciones de optimización edificio por edificio. Las soluciones pasivas tales como la colocación de protecciones solares, superficies acristaladas potentes o ventilación nocturna deben ser consideradas durante el estudio específico de cada edificio antes de considerar la solución menos ecológica de instalar climatizadores.

La visibilidad interior se calcula partir de la suma ponderada para las superficies de los factores de forma de las fachadas respecto al cielo. Éstos se obtienen como se ha indicado antes con el programa SOLENE. Este indicador tiene un valor de 0,34. Este valor tan bajo procede de la forma e implantación de los edificios que se enmascaran los unos respecto a los otros.

La iluminación natural se calcula a partir de la superficie acristalada y la superficie habitable, para ello se ha utilizado la información obtenida con el programa ALCYONE después de realizar las hipótesis de posición y tamaño de las ventanas. En este caso el valor obtenido para el indicador es bajo 0,42; pero la importancia de este indicador es relativa porque depende exclusivamente de las hipótesis sobre las ventanas.

El espacio medio habitable se calcula dividiendo el espacio habitable de la alternativa, en este caso 67 146 m², entre la futura población 2240 habitantes. Se obtiene un espacio habitable de 30 m² por persona.

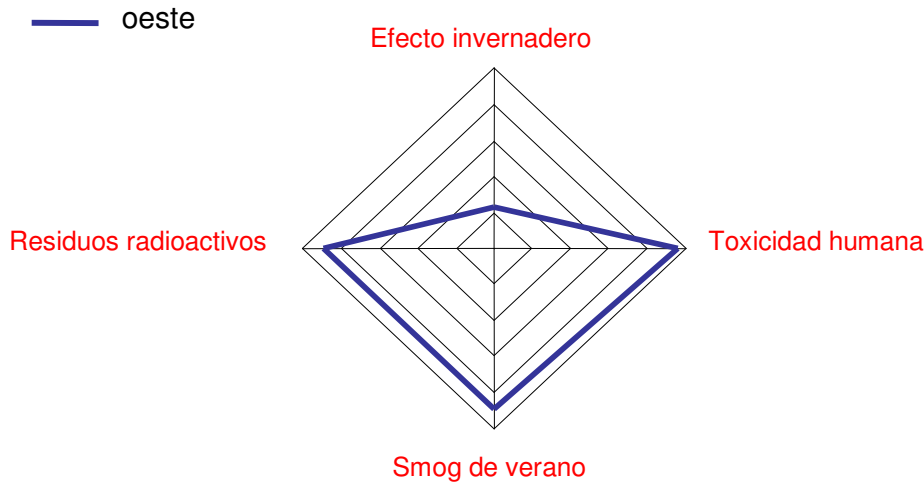
En cuanto a los ambientes exteriores el débil valor 0,51 del indicador correspondiente a confort acústico se debe principalmente a la ubicación del barrio. Las vías férreas y las carreteras existentes alrededor del mismo hacen que sólo un 13 % de la superficie durante el día esté expuesta a un nivel inferior a 70 dB y que un 38% de la superficie durante la noche esté expuesta a un nivel inferior de 65 dB. En el caso de las fachadas los resultados obtenidos son bastante mejores un 82,7 % de las fachadas durante el día y un 100 % de las fachadas durante la noche no están expuestas a niveles sonoros por encima de los límites establecidos.

Respecto a la insolación, se ha obtenido respectivamente para los espacios verdes, las fachadas y los tejados una insolación relativa del 64,3 %, 13,3 % y 73,4 %. El bajo porcentaje recibido por las fachadas es el principal responsable del bajo valor del indicador 0,48. Ese aspecto al igual que el de la visibilidad interior podría mejorarse como se ha dicho con modificaciones en la forma e implantación de los edificios.

Por último la visibilidad exterior depende de los factores de forma de los espacios abiertos respecto al cielo y de la nota de visibilidad de lugares notables. En este caso esta nota es de 0,4, el factor de forma de las calles respecto el cielo es de 0,72 y el de los

espacios públicos de 0,73. Estos datos dan un valor aceptable de 0,68 para este indicador.

“Preservar la salud y considerar los riesgos” (RIS)



En este caso los indicadores están optimizados salvo para el indicador de emisiones de gases que producen efecto invernadero que tiene un valor de 0,23. Este indicador depende del consumo energético del edificio. El indicador de efecto invernadero no es óptimo debido al tipo de energía que se ha elegido. La energía elegida es gas cuando la otra posibilidad es la madera la cual permite reducciones importantes de emisiones de gases que producen efecto invernadero con relación a la energía gas.

Los valores calculados para estos indicadores proceden también de los cálculos efectuados con EQUER para cada edificio.

En resumen se puede decir que los principales puntos a mejorar de la propuesta son:

- El confort acústico, sería aconsejable instalar sistemas de protección para aislar el barrio del ruido producido por la proximidad de carreteras y vías férreas.
- El confort interior, estudiar la posibilidad de climatización de los edificios u otras soluciones.

- La visibilidad interior y la insolación, estudiar otros tipo de implantación de los edificios para que no se enmascaren tanto los unos con los otros.

Lo interesante además de las recomendaciones aquí realizadas, sería como se ha dicho antes poder comparar diversas propuestas. Lo que si he ha hecho por petición del urbanista *Espaces Ferroviaires* es comparar los resultados de este barrio con los resultados obtenidos en las simulaciones de los barrios este y sur. De éstos se han utilizado los resultados correspondientes a las mejores alternativas propuestas para cada uno. En el caso del barrio este se ha elegido la propuesta realizada en septiembre, que recibe el nombre de ESTE_09 y en el caso del barrio sur la propuesta SUR_madera en la que se considera como energía de utilización la madera.

3.3 Comparación entre los barrios este, oeste y sur

La comparación que a continuación se presenta se ha realizado como se ha dicho a petición del urbanista pero además se ha utilizado como punto de partida del análisis para la mejora del método.

3.3.1 Valor de los indicadores para los tres barrios

A partir de los resultados obtenidos en las simulaciones, la evaluación del conjunto de los indicadores conduce a los valores siguientes:

Tabla 11: Valores de los indicadores para la comparación de los barrios

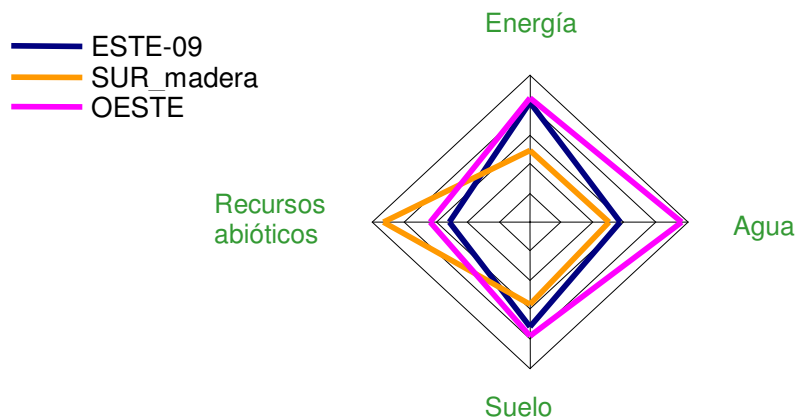
	ESTE_09	SUR_madera	OESTE
RES			
Energía	0,82	0,49	0,85
Agua	0,57	0,50	0,96
Suelo	0,71	0,56	0,78
Recursos abióticos	0,51	0,93	0,64
ECO			
Acidificación	0,80	0,50	0,97
Eco-toxicidad	0,75	0,92	0,99
Eutrofización	0,82	0,45	0,97
Residuos inertes	0,81	0,86	0,97
AMB			
Confort interior	0,80	0,50	0,97
Visibilidad interior	0,75	0,92	0,99
Iluminación natural	0,82	0,45	0,97
Espacio habitable	0,81	0,86	0,97
Confort acústico	0,80	0,50	0,97
Visibilidad exterior	0,75	0,92	0,99
Insolación	0,82	0,45	0,97
RIS			
Efecto invernadero	0,26	0,76	0,23
Toxicidad humana	0,73	0,41	0,96
Smog de verano	0,76	0,28	0,89
Residuos radioactivos	0,75	0,75	0,89

Para facilitar la comparación de las alternativas se han utilizado los diagramas radares. La representación en forma de gráficos radares permite visualizar para cada objetivo el valor de los indicadores asociados. Esta representación permite comparar más fácilmente las alternativas; recordar que para cada indicador el valor óptimo se sitúa en la periferia del diagrama.

3.3.2 Presentación de los resultados

En primer lugar indicar que para los barrios este y oeste el tipo de energía utilizada es gas mientras que en el caso del barrio sur la energía considerada es madera. Esto es importante porque la elección del tipo de energía utilizada por los edificios influye sobre numerosos indicadores de los objetivos “preservar los recursos”, “preservar el ecosistema” y “preservar la salud y considerar los riesgos”.

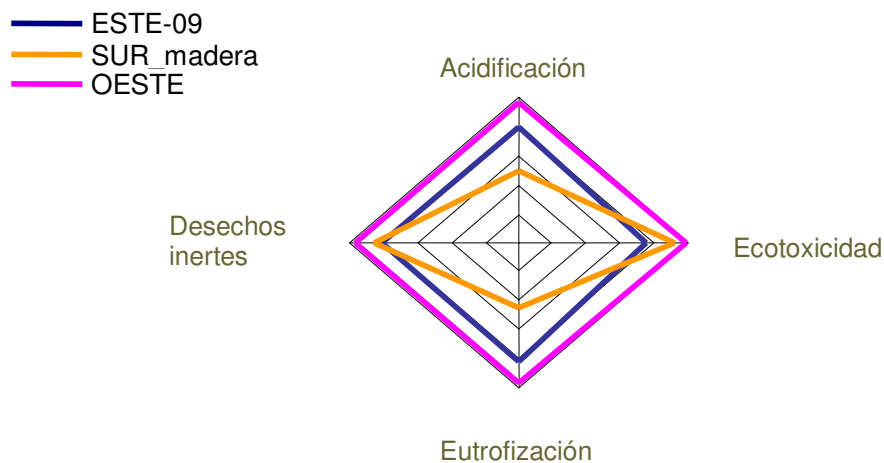
“Preservar los recursos” (RES)



Para este objetivo los barrios este y oeste ofrecen resultados similares, salvo para el indicador de consumo de agua. Los valores de dicho indicador para estas alternativas presentan una diferencia injustificada de 0,39. Puesto que este parámetro depende principalmente del consumo de los habitantes sería interesante analizar la hipótesis de ocupación elegida.

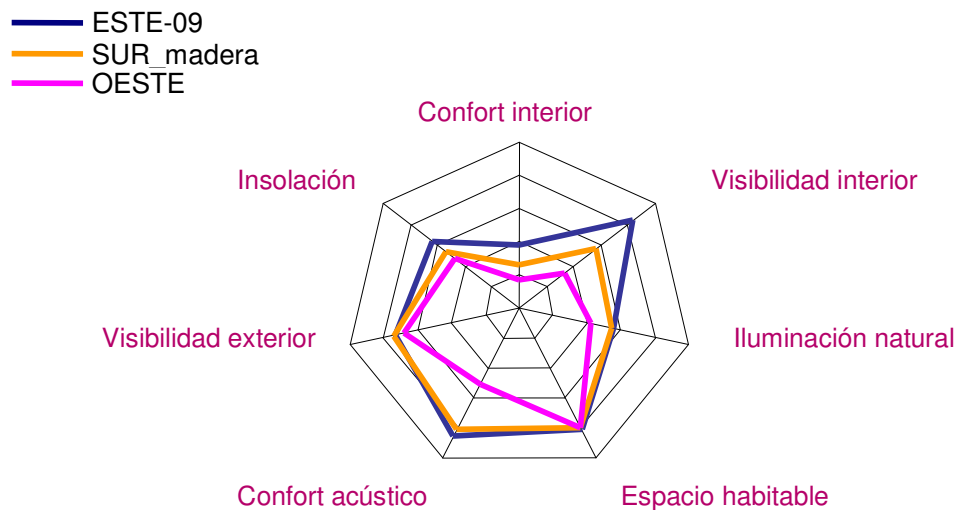
Estos dos barrios ofrecen mejores valores de los indicadores que el barrio sur excepto para el indicador de recursos abióticos el cual está optimizado para esta alternativa. Este hecho puede deberse como se ha dicho al tipo de energía utilizada.

“Preservar el ecosistema” (ECO)



Los mejores resultados energéticos de los edificios de 6 plantas del barrio oeste conducen a valores de los indicadores mejores para el objetivo “preservar el ecosistema”, en las otras alternativas los edificios son de menos plantas. No obstante la diferencia entre los barrios este y oeste que es del orden de 0,17 debería ser menor porque los edificios son de características parecidas. En cuanto al barrio sur, las diferencias proceden nuevamente del tipo de energía.

“Mejorar la calidad de los ambientes” (AMB)

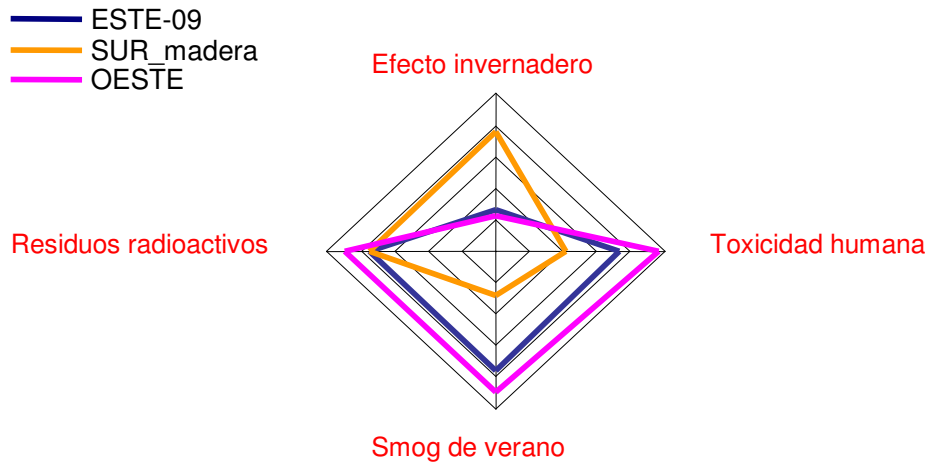


Así como para el objetivo anterior el barrio oeste presentaba los mejores valores para la calidad de los ambientes ofrece peores resultados. Esto se explica en parte por una mayor densidad de los edificios: implantación de los edificios más próximos unos de otros y alturas más elevadas con lo que se enmascaran los unos con respecto a los otros y reducen la visibilidad, la insolación recibida y la iluminación natural.

Además el confort acústico es peor debido a la existencia de un mayor número de carreteras en la zona ZAC del barrio oeste.

Para los otros dos barrios este y sur se obtienen valores similares, lo cual era de esperar pues en el cálculo de estos indicadores no influye el tipo de energía y las características de las alternativas son similares.

“Preservar la salud y considerar los riesgos” (RIS)



Las diferencias existentes entre el barrio sur con respecto a los otros dos se deben al tipo de energía. Sin embargo sería de esperar un valor mayor del indicador de emisiones de gases que producen efecto invernadero para el barrio sur.

En conclusión, podemos decir que el barrio oeste proporciona mejores resultados en lo que se refiere al objetivo de conservación del ecosistema. El barrio sur, gracias a la utilización de la energía de madera, permite reducir las emisiones de gas de efecto invernadero y el consumo de recursos abióticos. El barrio este es el que ofrece mejores valores de los indicadores relacionados con la calidad de los ambientes.

3.4 Análisis crítico

Para cada objetivo la representación gráfica de los indicadores asociados en diagramas radares ha permitido visualizar las ventajas y los inconvenientes de las diferentes alternativas propuestas. En este caso las alternativas estudiadas correspondían a la urbanización de tres zonas diferentes, pero próximas entre sí y de características similares así como los planteamientos (por ejemplo relativo a la forma de edificios) de los barrios pues los tres han sido realizados por el mismo estudio de arquitectura. Además se han considerado las mismas hipótesis para los tres casos en cuanto a composición de paredes, superficies acristaladas etc. Es por esta razón que se esperaba obtener resultados similares, sin embargo se han encontrado diferencias significativas

en algunos indicadores. Algunas son justificadas pero existen diferencias difícilmente explicables. Este hecho nos ha conducido a pensar que estas diferencias están causadas por una influencia excesiva de las hipótesis. Con el objeto de reducir esta influencia se ha llevado a cabo un estudio en profundidad de ciertos parámetros del método con el fin de modificarlos para así obtener resultados más precisos en las evaluaciones. Este estudio se detalla a continuación.

4 OPTIMIZACIÓN DEL MÉTODO

La comparación entre los tres barrios del proyecto “Espaces Gare” ha permitido detectar que existen limitaciones a la hora de utilizar el método ADEQUA.

Esta parte tiene como objetivo principal describir estas limitaciones y realizar ciertas modificaciones en el método para obtener evaluaciones más precisas de los proyectos que se estudian.

4.1 *Puntos a mejorar*

4.1.1 Descripción de las limitaciones

La aplicación del método de evaluación propuesto por el LEPTAB para la ayuda en la urbanización de un barrio requiere conocer numerosos datos. En la mayoría de los casos estos datos sobre los barrios y los edificios que los componen son poco precisos y no definitivos. Es por esta razón que es necesario hacer numerosas hipótesis para poder evaluar los indicadores. Las hipótesis que se consideran son las mismas para cada alternativa para así reducir su influencia y poder evaluar realmente las propiedades de los proyectos; no obstante la elección de sus valores tendrá consecuencias en los indicadores. Esta elección se basa en la experiencia adquirida en otros proyectos o en medidas o cálculos procedentes de la literatura.

El objetivo del método es por tanto poder evaluar cuantitativamente los datos y no las hipótesis, esto permitirá comparar alternativas cuyos planteamientos sean radicalmente diferentes. Si, como se ha demostrado antes, existen grandes diferencias en los indicadores para alternativas similares, estas diferencias serán aún más importantes en el caso de alternativas diferentes. Así pues, la principal limitación que encontramos a la hora de comparar las alternativas es saber si estas diferencias en los valores de los indicadores están causadas por los datos que verdaderamente quieren evaluarse (la implantación y la orientación de los edificios, su morfología, etc.) o por los datos supuestos (el escenario de ocupación, la superficie acristalada, la ventilación, etc.). Esta falta de precisión en los resultados no permite comparar cuantitativamente las alternativas ni verificar la coherencia de los resultados obtenidos. Esta situación nos ha

conducido a estudiar cómo influyen ciertas hipótesis. Si llegamos a conocer su influencia podremos trabajar para reducirla.

La primera hipótesis que se ha estudiado es la de la ocupación de los edificios. Se ha elegido en primer lugar esta hipótesis porque es la que más influye, ya que interviene en el cálculo de numerosos indicadores (energía primaria consumida, agua utilizada, agotamiento de recursos, etc.).

4.1.2 La hipótesis de ocupación

Un dato que se necesita para el cálculo del análisis del ciclo de vida de los edificios es la ocupación de los mismos. El escenario de ocupación tiene una influencia importante sobre el consumo de recursos: una persona consume agua, energía y produce residuos durante la fase de utilización del edificio.

El objetivo es que el análisis del ciclo de vida del barrio concierna casi exclusivamente al edificio y no a los usuarios, es decir que el comportamiento de los usuarios no tome una parte preponderante en los consumos y emisiones del cálculo del análisis del ciclo de vida. El caso ideal sería hacer las simulaciones con cero personas por edificio, pero este valor no es posible porque en este caso el programa COMFIE no puede calcular la tasa de incomfort. Ésta, es necesaria para calcular el indicador “confort interior” asociado al objetivo “mejorar la calidad de los ambientes”. La tasa de incomfort representa el porcentaje de tiempo de ocupación durante el cual la temperatura de la zona es superior a 25° C o inferior a 16°C.

La ocupación se define como el número de habitantes por zona interior definida. Es difícil definir las zonas interiores de los diferentes edificios de manera que tengan las mismas dimensiones y por lo tanto es difícil definir la misma ocupación global para cada barrio. Es por esta razón que buscamos poder definir la mínima ocupación posible porque de esta manera reducimos los errores que se deben a una diferente ocupación.

4.1.3 Verificación de la coherencia de los resultados

La falta de precisión en el cálculo de los indicadores causada por la influencia de las hipótesis impide también detectar errores de simulación sin tener que hacer un análisis profundo de los resultados. Una forma de verificar la coherencia de los resultados obtenidos en las simulaciones es el cálculo de la energía primaria consumida por m^2 de superficie útil por los edificios de las diferentes alternativas.

Los valores obtenidos para los tres barrios del proyecto deben ser próximos porque hemos considerado las mismas hipótesis para las diferentes alternativas y las características de los barrios son similares. Se ha representado en la gráfica siguiente la energía primaria consumida por m^2 de superficie útil por cada edificio para cada barrio. La energía primaria consumida representa la energía consumida en las fases de construcción del edificio, utilización, renovación y demolición durante un período de estudio de 100 años. Podemos observar en la gráfica que hay diferencias importantes.

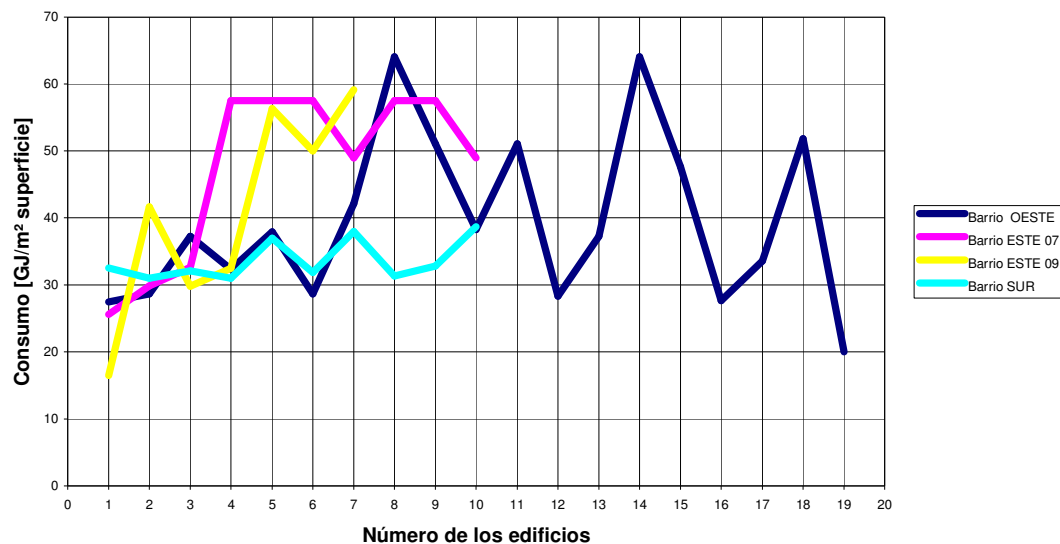


Ilustración 8: Energía consumida por cada edificio de las diferentes alternativas

En el anexo se muestran planos de los tres barrios con la numeración de los edificios.

La gráfica del barrio oeste presenta muchas irregularidades. Los valores obtenidos para los edificios 8 y 14 del mismo no están en los mismos niveles que los otros. Si hacemos

una comparación con los edificios 9, 11 y 18 que tienen las mismas dimensiones y la misma orientación podemos descubrir que hay un error en la simulación.

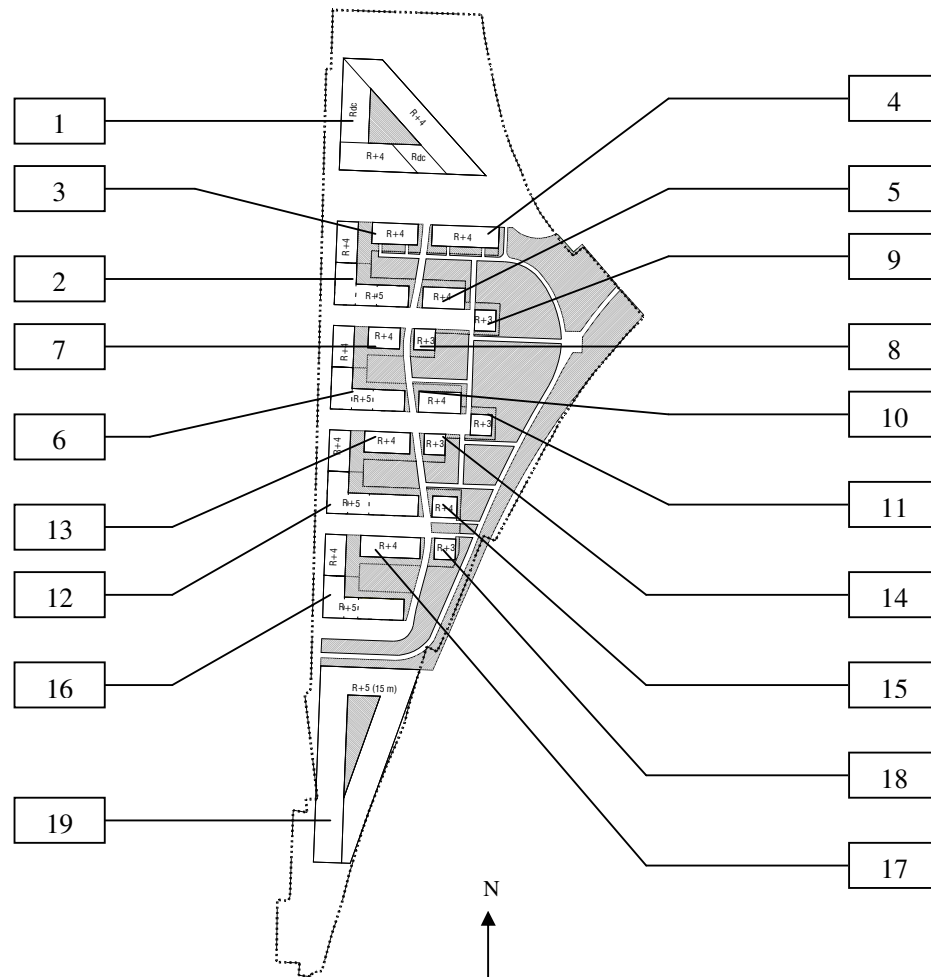


Ilustración 9: Plano del barrio oeste con la numeración de los edificios

Los edificios número 9, 11 y 18 tienen 4 plantas al igual que los edificios 8 y 14 pero en estos últimos la geometría se ha realizado con 3 plantas y el cálculo del consumo con 4 plantas. Este error en el número de plantas es la causa de los diferentes resultados de los edificios 8 y 14 con respecto a los edificios 9, 11 y 18. Después de haber corregido los errores en los datos los resultados de las nuevas simulaciones son representados en la gráfica siguiente.

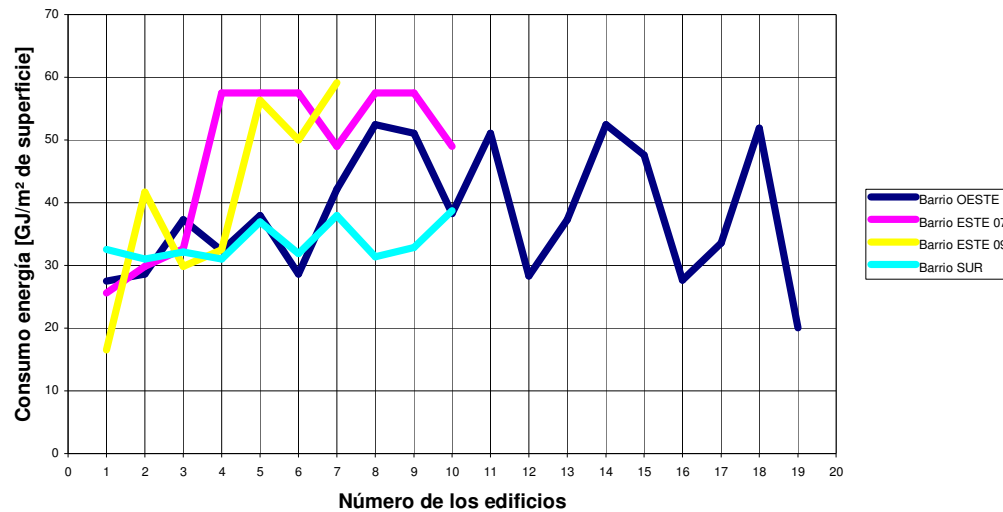


Ilustración 10: Energía primaria consumida por cada edificio (datos corregidos).

Este ejemplo nos permite observar que los errores en la adquisición de datos son del mismo orden de magnitud que las diferencias de consumo entre los edificios. Esta imprecisión conlleva a que sea necesario un análisis en profundidad del proceso seguido en la evaluación para detectar los errores. Podemos observar también que después de corregir los errores existen aún diferencias en los resultados no justificadas. Esto viene a confirmar la necesidad de modificar algunos aspectos. Como se ha explicado antes la hipótesis estudiada será la de la ocupación de los edificios.

4.2 Mejoras propuestas

4.2.1 Modificación de la hipótesis de ocupación

Para optimizar el método se propone modificar la hipótesis de ocupación, porque como se ha dicho influye en el cálculo de numerosos indicadores (energía primaria consumida, agua utilizada, agotamiento de recursos, etc.).

En la primera aplicación del método se ha considerado una ocupación de 4 personas por zona, definiendo cada planta de un edificio como una zona. El problema es que las plantas y por tanto las dimensiones de las zonas varían mucho de un edificio a otro, esto conduce a diferentes valores de la relación número de habitantes por m^2 . Esta diferencia conlleva valores diferentes para los indicadores.

Para evaluar la influencia de la ocupación en las simulaciones se han estudiado los resultados obtenidos para el edificio 17 del barrio oeste variando el valor de esta hipótesis.

Tabla 12: Hipótesis de ocupación y número de habitantes para el edificio 17 del barrio oeste

	A	B	C	D
Hipótesis de ocupación	1pers.y 1 zona	1pers./zona	4pers./zona	8pers./zona
Número de habitantes/zona	1	1	4	8
Número de zonas/edificio	1	5	5	5
Número total de personas	1	5	20	40

Ya se explicó que no se pueden hacer las simulaciones con una ocupación de cero personas si queremos calcular la tasa de inconfort. La hipótesis más próxima a esta es considerar 0,01 personas por zona, pero a partir de los resultados obtenidos podemos confirmar que el programa COMFIE trabaja solamente con números enteros para la ocupación, es decir que transforma automáticamente las 0,01 personas por zona en 1 persona por zona. Continuando con la búsqueda de una ocupación mínima y después de las limitaciones del programa hemos realizado las simulaciones con 1 persona por zona. Los errores han disminuido pero todavía quedan diferencias significativas. Es por esta razón que la solución propuesta es la de considerar cada edificio como una sola zona y definir 1 persona por zona pues se consigue así que la ocupación definida sea la mínima posible.

Por otro lado se puede constatar a partir de los resultados de las simulaciones para 1 persona y 1 sola zona, 1 persona por zona, 4 personas por zona y 8 personas por zona la relación directa que existe entre el consumo de recursos y el número de habitantes. Estos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13: Resultado de las simulaciones para el edificio 17 del barrio oeste

	A	B	C	D
Hipótesis de ocupación	1pers.et1zona	1pers./zona	4pers./zona	8pers./zona
Energía primaria [GJ]	5,3E+04	5,6E+04	6,8E+04	8,5E+04
Agua [m³]	1,2E+04	3,8E+04	1,3E+05	2,6E+05
Agotamiento de recursos [10⁻⁹]	2,0E+01	2,3E+01	2,7E+01	3,2E+01
Desechos [t,eq]	2,3E+03	2,4E+03	2,9E+03	3,6E+03
Desechos radioactivos [dm³]	6,0E+01	6,7E+01	9,2E+01	1,3E+02
Efecto invernadero [t,CO₂]	3,0E+03	3,1E+03	3,4E+03	3,8E+03
Acidificación [kg, SO₂]	4,8E+03	5,2E+03	6,9E+03	9,0E+03
Eutrofización [kg, PO₄]	5,8E+02	6,1E+02	7,4E+02	9,2E+02
Ecotoxicidad [m³]	1,5E+07	1,7E+07	2,6E+07	3,7E+07
Toxicidad humana [kg]	7,6E+03	9,0E+03	1,4E+04	2,0E+04
Smog de verano [kg,C₂H₄]	3,5E+03	3,7E+03	4,5E+03	5,4E+03

Hemos representado en las siguientes gráficas el consumo de energía primaria en función del número total de habitantes del edificio y el consumo de agua en función del número total de habitantes del edificio.

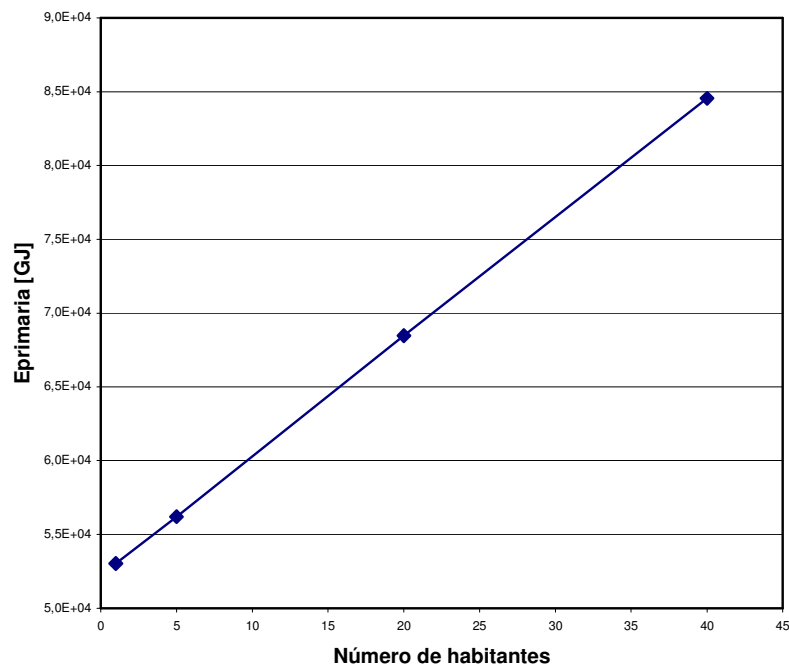


Ilustración 11: Consumo de energía primaria (GJ)

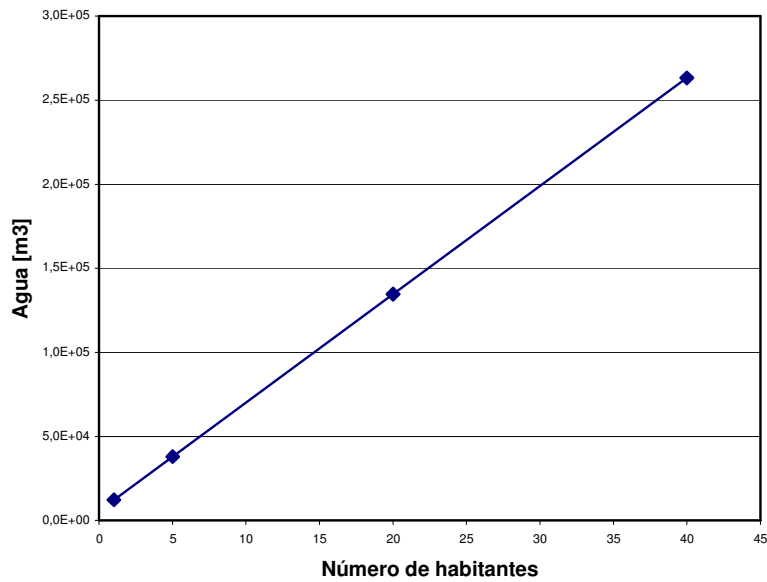


Ilustración 12: Consumo de agua (m³)

Se puede ver claramente en las gráficas la relación directa que existe. Esta relación viene a confirmar que las diferencias entre los niveles de energía primaria consumida entre los distintos barrios se explican principalmente por el error debido a la diferente ocupación global.

La solución adoptada es pues considerar 1 habitante por zona y definir cada edificio como una sola zona. Con este nuevo valor de la hipótesis de ocupación se han realizado las simulaciones para los tres barrios del proyecto “Espaces Gare”; los resultados obtenidos para el consumo de energía son presentados en la gráfica siguiente.

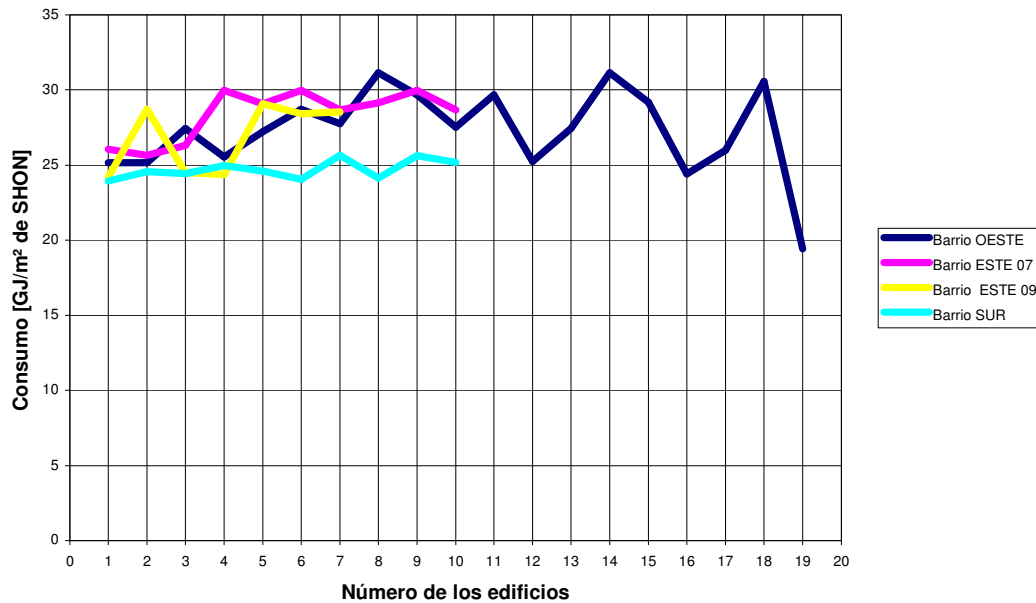


Ilustración 13: Energía primaria consumida con la nueva hipótesis de ocupación

Se debe verificar que el hecho de considerar todo el edificio como una sola zona, a diferencia de antes donde cada planta era una zona, no afecta al comportamiento térmico del mismo. A partir de los resultados de la potencia necesaria para calefacción obtenidos para el edificio 17 del barrio oeste se puede constatar este hecho. En efecto el valor obtenido para la hipótesis A está en concordancia con los valores de las otras hipótesis que consideran diferentes zonas. Se puede verificar también esta concordancia en el consumo de recursos.

Tabla 14: Potencia de calefacción (kWh) para el edificio 17 del barrio oeste

	A	B	C	D
Hipótesis de ocupación	1pers.y 1 zona	1pers./zona	4pers./zona	8pers./zona
Número de zonas/edificio	1	5	5	5
Número total de habitantes	1	5	20	40
Potencia de calefacción (kWh)	85537	84064	79917	73930

4.2.2 Análisis de los resultados obtenidos

Una simple comparación con los primeros resultados permite ver una mejora de los resultados obtenidos después de haber cambiado la hipótesis de ocupación. En este caso

es más fácil detectar a simple vista los errores de simulación porque las diferencias entre los edificios están comprendidas en un rango de 10 GJ/m^2 de superficie útil para 100 años (antes de la optimización este rango era de 30 GJ/m^2 de superficie útil para 100 años). Los 10 GJ/m^2 de superficie útil para 100 años corresponden a $2,8\text{E}+03 \text{ kWh/m}^2$ para 100 años. La diferencia en el consumo de energía primaria es todavía importante, sobre todo para el barrio oeste. Se trata ahora de analizar las diferencias entre los edificios. La diferencia puede proceder principalmente de la forma de los edificios: las alternativas de los barrios este y sur proponen edificios de formas similares. Es por esta razón que se propone estudiar la influencia en el consumo de recursos de otros parámetros relacionados con las dimensiones de los edificios.

La optimización conseguida al modificar la ocupación permite ahora comparar de forma más precisa diferentes alternativas para así poder evaluar la influencia de los datos y decidir que aspectos son los mejores en las propuestas.

5 APLICACIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN

Después de la modificación de la hipótesis de ocupación se ha podido comprobar que los resultados obtenidos en el consumo de energía primaria por los edificios de las alternativas son más similares, que era lo que se buscaba. Para verificar que en efecto esta modificación conduce a evaluaciones más precisas se han calculado nuevamente los indicadores para los tres barrios del proyecto.

5.1 Nuevos resultados de la evaluación

5.1.1 Valor de los indicadores

La evaluación del conjunto de indicadores según el proceso descrito para el barrio oeste conduce a los siguientes resultados:

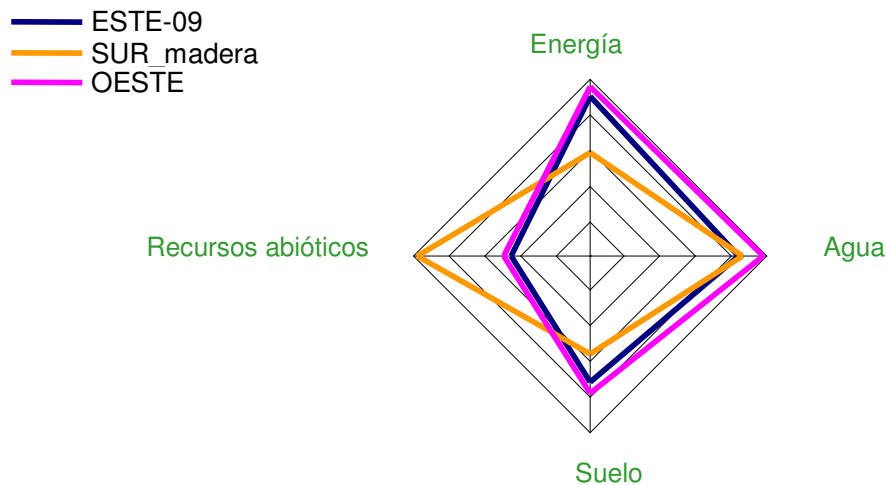
Tabla 15 Valor de los indicadores para la comparación de barrios

	ESTE_09	SUR_madera	OESTE
RES			
Energía	0,91	0,58	0,96
Agua	0,85	0,86	0,97
Suelo	0,71	0,56	0,78
Recursos	0,45	0,98	0,48
ECO			
Acidificación	0,85	0,50	0,93
Eco-toxicidad	0,56	0,98	0,60
Eutrofización	0,70	0,36	0,76
Desechos inertes	0,89	0,96	0,99
AMB			
Confort interior	0,21	0,22	0,15
Visibilidad interior	0,84	0,57	0,34
Iluminación natural	0,55	0,54	0,40
Espacio habitable	0,81	0,80	0,80
Confort acústico	0,86	0,81	0,51
Visibilidad exterior	0,73	0,74	0,68
Radiación solar	0,64	0,54	0,48
RIS			
Efecto invernadero	0,20	0,99	0,22
Toxicidad humana	0,80	0,37	0,88
Smog de verano	0,86	0,29	0,94
Desechos radioactivos	0,84	0,97	0,96

Igual que antes para facilitar la comparación de las alternativas se han utilizado los diagramas radares. La representación en forma de gráficos radares permite visualizar para cada objetivo el valor de los indicadores asociados.

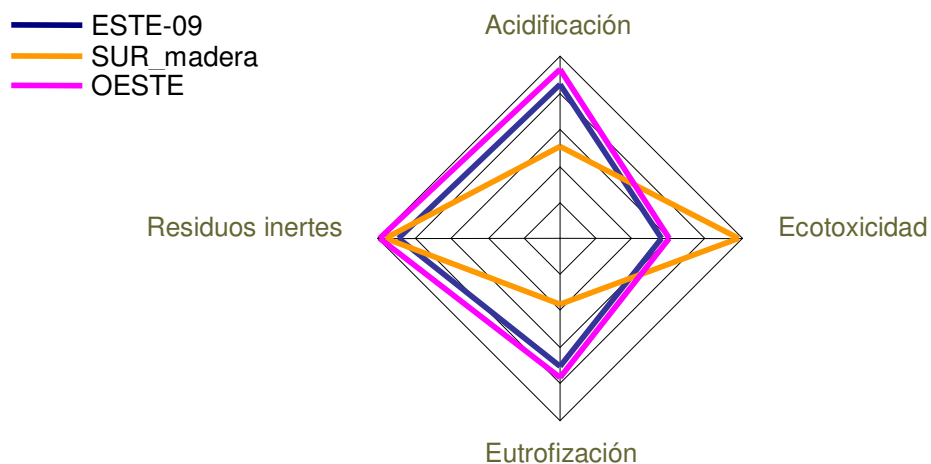
5.1.2 Presentación de los resultados

“Preservar los recursos” (RES)



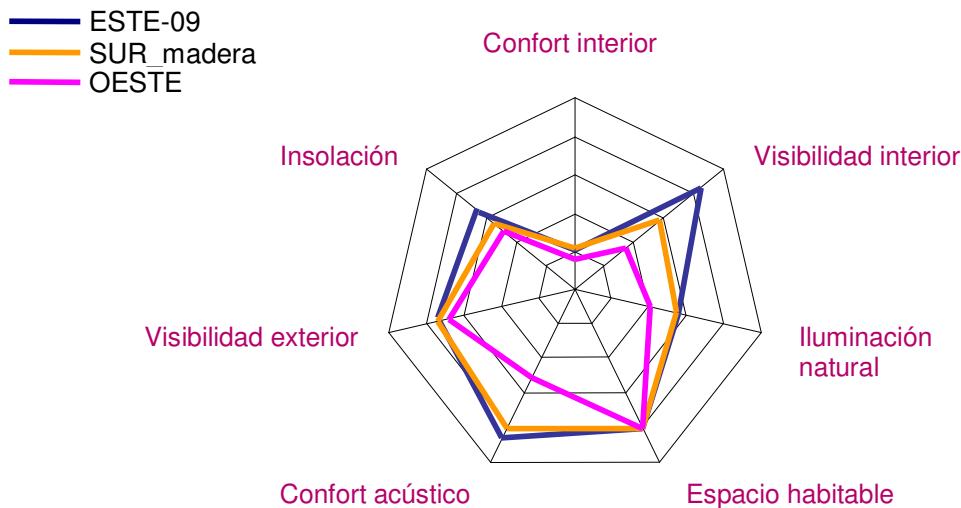
Después de la modificación de la hipótesis de ocupación se puede verificar la reducción de las diferencias entre las curvas de las alternativas este y oeste. Las alternativas no presentan diferencias radicales en la implantación y forma de los edificios, lo que se traduce por curvas próximas a nivel de cada objetivo. Esta reducción de las diferencias entre las curvas confirma por tanto la mejora del método, con una menor influencia de la hipótesis de ocupación. En el caso del indicador consumo de agua también para la alternativa sur se ha obtenido un valor similar al de las otras alternativas pues este indicador no depende del tipo de energía. Las otras diferencias se mantienen porque están causadas por el hecho de usar madera en lugar de gas.

“Preservar el ecosistema” (ECO)



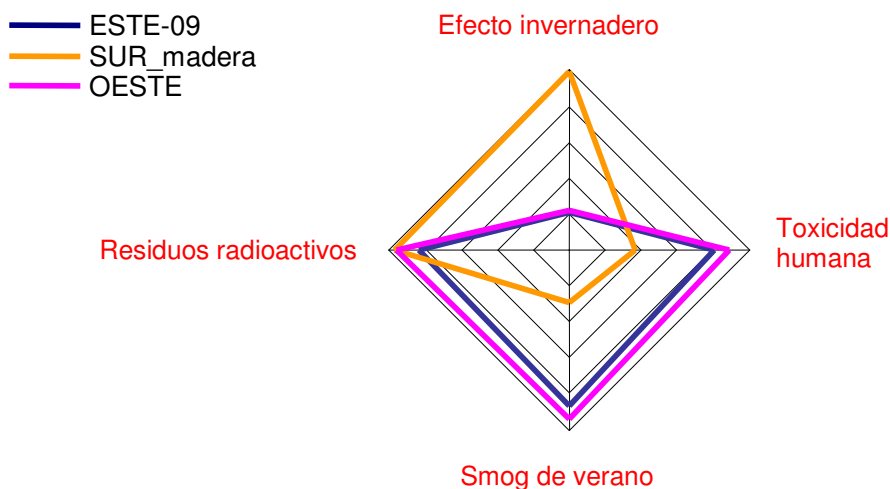
Al igual que ha sucedido para el objetivo anterior las curvas de los barrios este y oeste están ahora más próximas, que era lo que se esperaba. Para la alternativa sur no ha habido prácticamente cambios en los valores de estos indicadores. Si hay que mencionar que antes del cambio de la ocupación el indicador de eco-toxicidad era mayor para la alternativa del barrio oeste que para la de barrio sur y ahora es al contrario. Esta diferencia puede estar causada por la diferente ocupación o por el tipo de energía que se considera. Este indicador permite tener en cuenta los impactos sobre la fauna y la flora de las emisiones del barrio de sustancias nocivas. Éstas proceden de los materiales y del consumo de energía. Por esta razón es lógico que el indicador del barrio sur sea mayor. Puede ser por tanto que antes el indicador estaba más optimizado para el barrio oeste a causa del diferente consumo de energía debido a la diferente ocupación global de los barrios.

“Mejorar la calidad de los ambientes” (AMB)



En este objetivo el valor de los indicadores no varía con respecto a la evaluación realizada antes de modificar el método, esto es lógico pues ninguno de ellos depende de la ocupación salvo el de confort interior que precisamente es el que se ha reducido un poco para el barrio oeste.

“Preservar la salud y considerar los riesgos” (RIS)



Para este objetivo al igual que en los casos anteriores las curvas correspondientes a los barrios este y oeste están más próximas. Éstos siguen ofreciendo mejores resultados para los indicadores de smog de verano y toxicidad humana. En cuanto al indicador de residuos radioactivos antes de la modificación de la ocupación el correspondiente al barrio sur (0,75) era más pequeño que el correspondiente al barrio oeste (0,89) y después de la modificación el indicador del barrio sur es mayor. La diferencia sin embargo no es demasiado grande: barrio sur 0,97 y barrio oeste 0,96.

5.1.3 Conclusión

Antes de la mejora del método, los diagramas radares de los diferentes indicadores presentaban diferencias injustificadas. Los resultados debían ser próximos porque habíamos considerado las mismas hipótesis para las diferentes alternativas y el planteamiento de los barrios era similar. El problema de la diferente ocupación global de cada barrio llevaba a diferencias a nivel de ciertos indicadores como el consumo de agua, la emisión de sustancias tóxicas y los indicadores asociados al objetivo “preservar el ecosistema”. Después de la optimización se ha conseguido una reducción de la hipótesis de ocupación y por tanto que estas diferencias injustificadas hayan desaparecido.

Esta modificación de la hipótesis de ocupación representa una evolución importante para el método ADEQUA. Ahora que hemos conseguido resultados similares para alternativas de barrios con datos similares podemos comparar cuantitativamente alternativas con planteamientos completamente diferentes a fin de determinar cual es el mejor para la optimización de los indicadores.

5.2 Estudio de otros parámetros

Se entiende por parámetros el conjunto de hipótesis y datos utilizados para el cálculo de los indicadores con los que se evalúan los proyectos.

Con la modificación de la hipótesis de ocupación realizada se ha permitido constatar que la reducción de la influencia de las hipótesis permite obtener resultados más precisos. Lo que también resulta interesante es conocer la manera en la que las características de los barrios influyen en los resultados pues esto permitirá una mejor interpretación de los mismos. Por esta razón se propone a continuación el estudio de la compacidad de los edificios, que es un dato dado por el arquitecto.

5.2.1 Influencia de la compacidad

La energía primaria consumida por un edificio durante la fase de utilización representa actualmente la parte más importante de energía consumida.

El consumo de energía está condicionado por numerosos parámetros. Para llegar al objetivo de la optimización energética en la concepción de un conjunto de edificios se debe estudiar la manera en la cual los diferentes parámetros influyen. La primera influencia estudiada es la relación entre la morfología del edificio y la energía consumida.

Para justificar los diferentes valores de la energía consumida por cada edificio hemos utilizado el parámetro de la compacidad C_2 definido por el CERMA. El parámetro C_2 expresa la superficie acumulada de fachadas verticales de un edificio (m^2) dividido por la superficie acumulada de suelos (m^2). Sin unidades, puede tomar valores comprendidos entre 0,5 y algunas unidades, para configuraciones corrientes de

edificios. Hemos calculado este parámetro para cada edificio de las diferentes alternativas, los valores son representados en la gráfica siguiente.

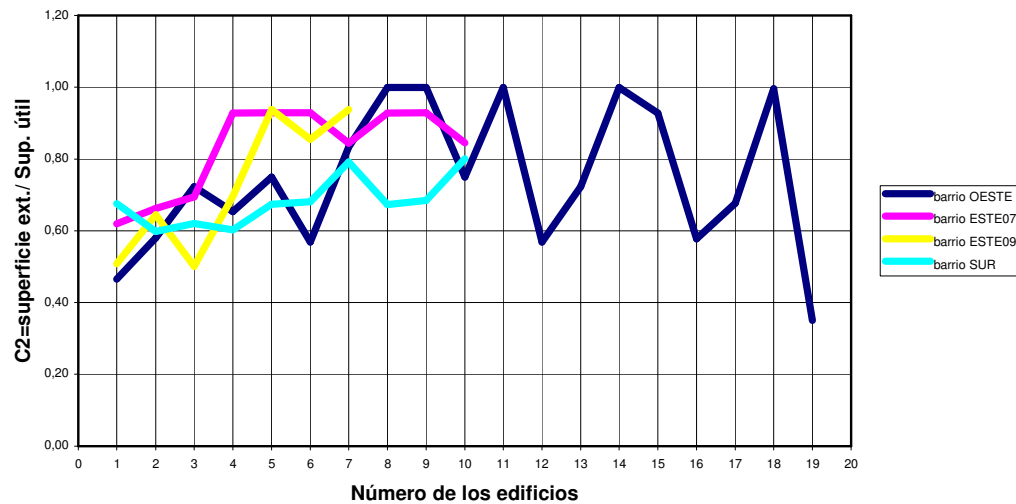


Ilustración 14: Compacidad de cada edificio

Podemos ver que para el edificio 19 del barrio oeste el valor de este parámetro C_2 está por debajo de 0,5, que es el valor mínimo para configuraciones corrientes. Este débil valor de la compacidad puede explicar el débil consumo de energía de este edificio con relación a los otros.

Para confirmar la relación directa que existe entre la compacidad de los edificios y el consumo de energía se representa a continuación la energía primaria consumida en función de la compacidad de cada edificio para las diferentes alternativas.

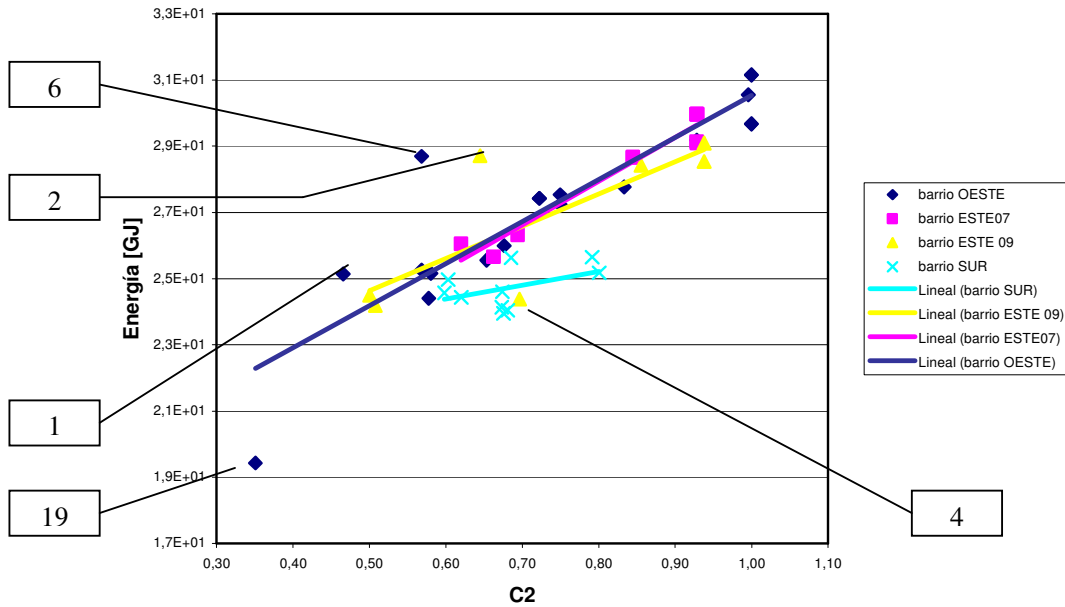


Ilustración 15: Energía primaria consumida en función de la compacidad.

Se puede verificar en esta gráfica que existe una correlación directa entre la energía consumida y la compacidad. Se ha elegido una regresión de tipo lineal para demostrar esta relación correlación directa. Los valores de la energía y la compacidad aumentan a medida que los edificios son más pequeños. Sin embargo, existen puntos en la gráfica que no siguen la evolución prevista, sobre todo para el barrio oeste. Podemos ver en la gráfica que estos puntos corresponden a los edificios 19, 1 y 16. Éstos son los edificios más voluminosos del barrio. Para los edificios 19 y 1 podemos explicar que no siguen la evolución porque tienen morfologías muy diferentes con respecto a los otros edificios del barrio.

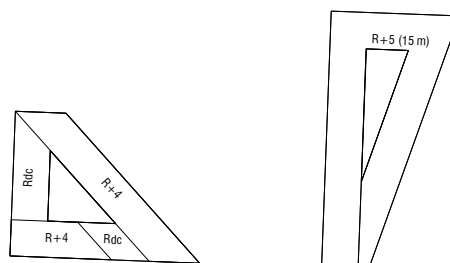


Ilustración 16: Edificios 1 y 19 del barrio oeste

Estos edificios tienen la forma representada en la figura mientras que los otros son rectangulares.

Se puede verificar esta afirmación si miramos los valores obtenidos para la alternativa de julio del barrio este (ESTE_07). Esta alternativa presenta edificios con la misma morfología, son todos de forma rectangular y esto conduce a una relación directa entre la energía consumida y la compacidad de los edificios.

Para el barrio sur, los edificios tienen morfologías similares y como hemos explicado antes esto conduce a una relación directa entre la energía consumida y la compacidad.

Para el edificio 6 del barrio oeste, el punto no está sobre la curva. Si hacemos una comparación con los edificios 2, 12 y 16 que tienen la misma forma podemos descubrir que hay un error en el modelado. La superficie útil utilizada en el cálculo del análisis del ciclo de vida no era la correcta. Este error es la causa de la irregularidad del edificio 6 con respecto a los edificios 2, 12 y 16. Después de haber corregido los errores de modelado los nuevos resultados son representados en la gráfica siguiente.

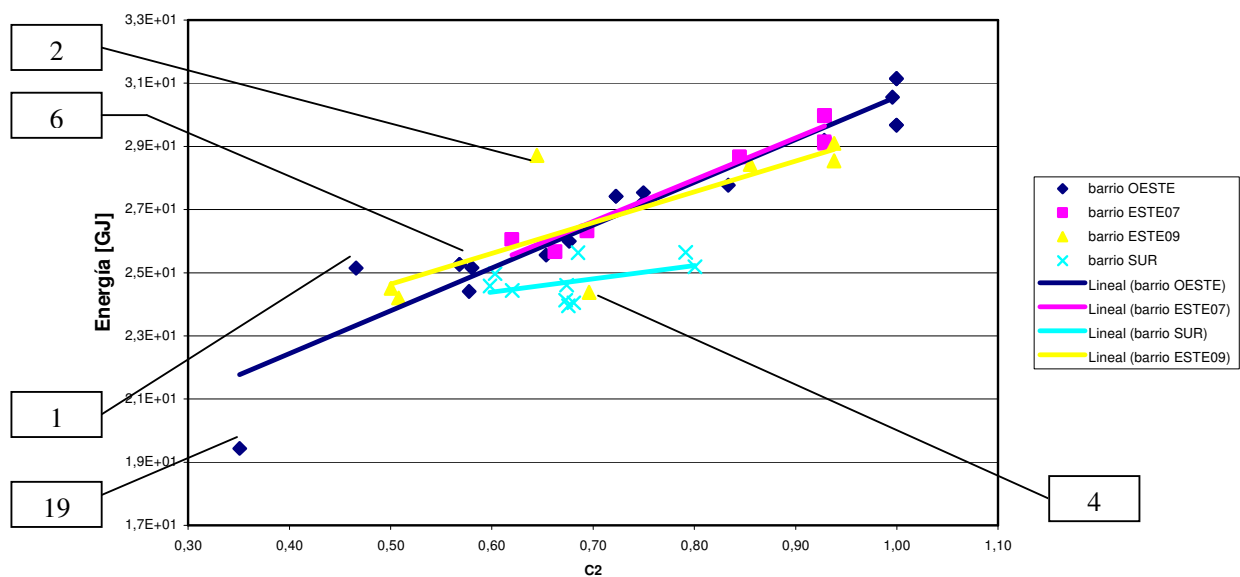


Ilustración 17: Energía primaria consumida en función de la compacidad después de la corrección del edificio 6

La otra alternativa que presenta irregularidades es la alternativa de septiembre del barrio este (ESTE_09). Esta alternativa presenta problemas para los edificios 2 y 4. Estos edificios tienen morfologías similares con los otros edificios del barrio. No existen diferencias aparentes en las características de estos edificios con respecto a los otros y los datos de modelado son correctos. Es por esta razón que en este caso no podemos explicar por qué los puntos no están sobre la curva. Debe haber otras causas que expliquen estas irregularidades y que no están relacionadas con la morfología de los edificios. Es por esta razón que se propone en el párrafo siguiente continuar con el estudio de otros parámetros influyentes.

En conclusión podemos decir que si las morfologías de los edificios de una alternativa son similares existe una relación directa entre la energía consumida y la compacidad. Este hecho nos permite evaluar la influencia de otros datos en el estudio de una alternativa y detectar errores en el modelado de los edificios.

5.2.2 Otros parámetros influyentes

Los programas ALCYONE, COMFIE y EQUER utilizados para la realización de las simulaciones requieren numerosas hipótesis. Con el programa ALCYONE se trata de definir las características constructivas del edificio. La morfología del edificio es un dato del urbanista pero nosotros debemos definir la composición de las paredes, las zonas interiores de los edificios así como la superficie acristalada.

Para la simulación térmica de los edificios con el programa COMFIE necesitamos realizar diferentes hipótesis: el escenario de ocupación, el escenario de calefacción y de ventilación, la climatización y la duración de la simulación.

Los cálculos del análisis del ciclo de vida, con el programa EQUER, se realizan en función de hipótesis sobre la mezcla de producción eléctrica de base y para la calefacción, el rendimiento de la red de agua, la consumición de agua por persona, los desechos (colecta, selección, incineración y distancia al sitio de selección o reciclaje) y sobre los transportes (tipo, distancia y modo).

Cualquiera de las hipótesis nombradas podría ser objeto de estudio para reducir su influencia. Se propone a continuación analizar la hipótesis de la superficie acristalada.

De la misma manera que hemos hecho para la compacidad hemos definido el parámetro V que expresa la superficie acristalada exterior de un edificio (m^2) dividido por la superficie acumulada de suelos (m^2). El objetivo es estudiar la influencia existente entre la energía consumida y la superficie acristalada. Hemos calculado este parámetro para cada edificio de las diferentes alternativas, los valores son representados en la gráfica siguiente.

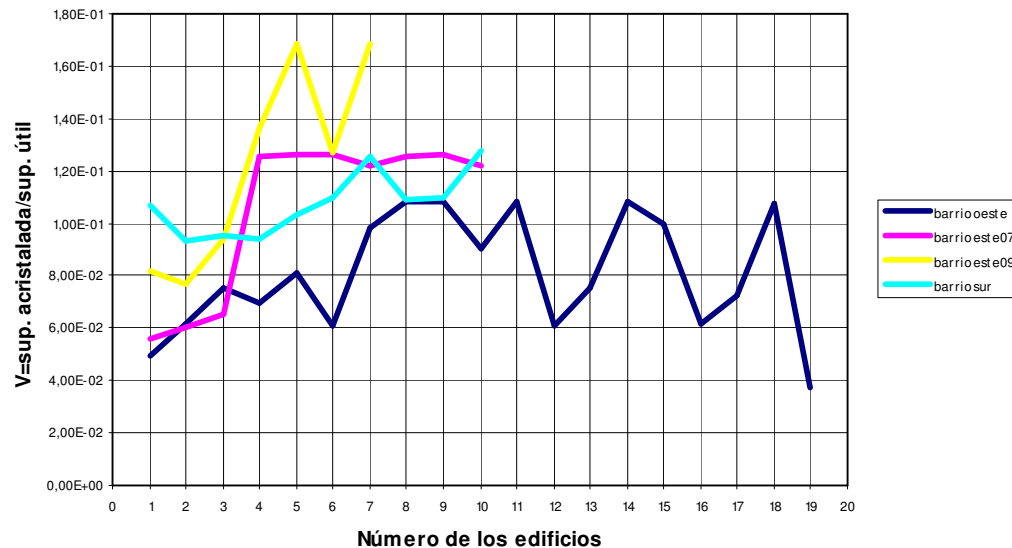


Ilustración 18: Superficie acristalada de los edificios

Si comparamos esta gráfica con la gráfica de la compacidad de los edificios podemos verificar que la evolución es la misma salvo para la alternativa de septiembre del barrio este ESTE_09. Después de revisar el modelado de los edificios podemos decir que esta irregularidad está causada por la utilización de la hipótesis de superficie acristalada que es diferente de unos edificios a otros. Las dimensiones de las ventanas se han hecho en función de las dimensiones de las paredes y esta relación no es la misma para los edificios de esta alternativa.

Para estudiar la relación que existe entre la energía consumida y la superficie acristalada de los edificios hemos representado la energía primaria consumida en función de la superficie acristalada para cada edificio.

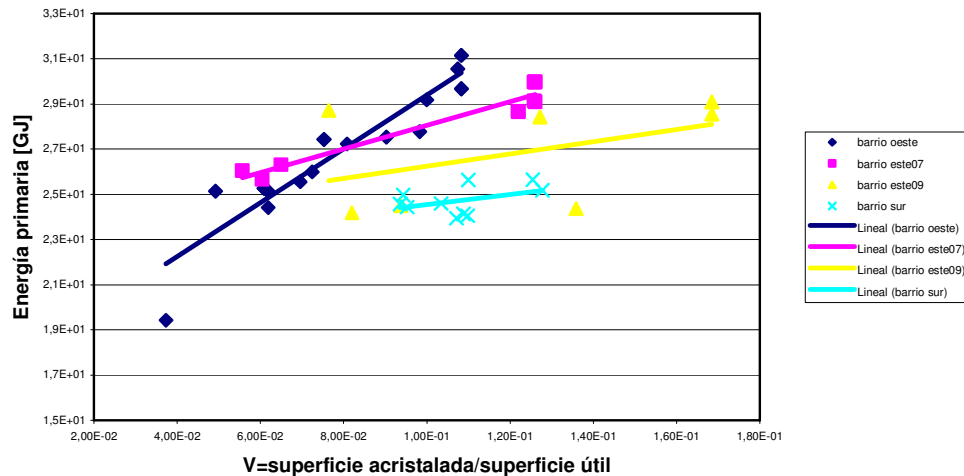


Ilustración 19: Energía primaria consumida en función de la superficie acristalada

Para las alternativas oeste, este_07 y sur podemos verificar la relación directa que existe entre la energía primaria consumida y el parámetro V. Hemos elegido una regresión de tipo lineal para demostrar esta correlación directa. Para el barrio oeste los puntos que nos están sobre la curva corresponden a los edificios 1 y 19. La razón es la diferente morfología con respecto a los otros edificios del barrio. Para la alternativa de septiembre del barrio este ESTE_09 las irregularidades obtenidas son causadas por la diferente superficie acristalada global de los edificios. Esta diferencia en la superficie acristalada global de los edificios podría explicar las diferencias todavía injustificadas entre los edificios de igual morfología. Es por esta razón que se propone para futuros análisis del método estudiar esta hipótesis para reducir su influencia.

Se presenta a continuación a continuación los resultados de energía primaria consumida durante las diferentes fases de vida de un edificio para los edificios 18 y 19 del barrio oeste.

Tabla 16: Energía primaria consumida por los edificios 18 y 19 del barrio oeste

Energía primaria [GJ]/sup. [m ²]	construcción	utilización	renovación	demolición	total
Edificio18	2,0E+00	2,8E+01	2,4E-01	8,9E-02	3,0E+01
Edificio 19	1,2E+00	1,8E+01	1,2E-01	5,2E-02	1,9E+01

Podemos ver que la mayor parte de energía consumida es durante la utilización. Esta es la razón de proponer estudiar más adelante la superficie acristalada y otros parámetros como las zonas interiores, porque la definición global de estos parámetros varía de un barrio a otro e influyen en la energía consumida durante la utilización.

Después de la energía de utilización donde más se consume energía es durante la construcción. Eso conduce a estudiar otros parámetros que influyen en la construcción como por ejemplo los materiales de construcción utilizados.

El estudio en profundidad tanto de las hipótesis utilizadas como de los datos de los edificios puede extenderse tanto como se desee. La aplicación a un caso de estudio ha permitido detectar ciertas limitaciones que presenta el método. Con el objeto de reducirlas se ha llevado a cabo el estudio de la hipótesis de ocupación y su correspondiente modificación, así como se ha analizado también la influencia de la compacidad, que es un dato. En último lugar se han propuesto otros parámetros interesantes a analizar por su influencia en los resultados.

6 CONCLUSIÓN

El método ADEQUA desarrollado por el LEPTAB constituye una importante herramienta de ayuda en el estudio de alternativas propuestas para la urbanización de un barrio. La evaluación de una alternativa se realiza a partir de un conjunto de objetivos, ellos mismos definidos por diferentes indicadores que responden a criterios relacionados con la noción de desarrollo sostenible.

El trabajo aquí presentado ha consistido en una aplicación de este método al barrio oeste del proyecto “Espaces Gare”. Los resultados de la evaluación indican que esta propuesta presenta muy buenos resultados en los aspectos concernientes al objetivo “preservar el ecosistema” pero se hacen las siguientes propuestas: la instalación de sistemas de protección frente a los ruidos; la modificación de la implantación de los edificios pues están muy próximo y se enmascaran los unos con respecto a los otros lo que reduce la insolación recibida y la visibilidad interior y por último estudiar alguna solución para mejorar el confort interior. La evaluación de este barrio se ha realizado a partir de la cuantificación de los indicadores. En cuanto a los programas utilizados para este cálculo el principal problema que hemos encontrado es la adquisición de los datos necesarios porque los cálculos son prácticamente inmediatos. Esto es debido a que a la hora de evaluar las alternativas se dispone de pocos datos precisos y definitivos lo que hace que numerosas hipótesis sean necesarias.

La comparación a petición del urbanista de los tres barrios este, oeste y sur ha permitido detectar limitaciones en el método ADEQUA. En efecto, para estas alternativas se esperaban resultados similares pues las hipótesis eran las mismas y los datos de los barrios similares sin embargo se han obtenido diferencias significativas. Con el objeto de obtener resultados más precisos se ha llevado a cabo un análisis de algunos aspectos del método con el objeto de mejorarlo.

La optimización ha estado orientada hacia el estudio de la influencia de la hipótesis de ocupación de los edificios porque esta hipótesis influye fuertemente en el cálculo de diferentes indicadores (energía primaria consumida, agua utilizada, agotamiento de recursos, etc.). Con la modificación de la hipótesis de ocupación se ha conseguido una primera evolución en el método porque se ha conseguido reducir su influencia. Para

verificar la mejora conseguida se ha realizado una aplicación de esta nueva versión al proyecto “Espaces Gare” evaluado anteriormente. Esta mayor precisión conseguida en los resultados con la nueva versión del método permite también identificar sin necesidad de un análisis en profundidad la coherencia de los resultados.

Con la modificación de la hipótesis de ocupación realizada se ha permitido constatar que la reducción de la influencia de las hipótesis permite obtener resultados más precisos. Lo que también resulta interesante es conocer la manera en la que las características de los barrios influyen en los resultados pues esto permitirá una mejor interpretación de los mismos. Por esta razón se ha estudiado la compacidad de los edificios, que es un dato del arquitecto. En este estudio, se ha podido constatar que si la morfología de los edificios de una alternativa es similar entonces existe una correlación directa entre la compacidad y la energía consumida. Este hecho permite evaluar la influencia de otros datos en el estudio de una alternativa y detectar errores en los resultados de las simulaciones.

El estudio de parámetros influyentes en los resultados de las evaluaciones puede extenderse tanto como se desee así pues sería interesante analizar para futuras mejoras la hipótesis de superficie acristalada u otros datos relacionados con el consumo de energía como son los materiales de construcción utilizados.

En conclusión se puede decir que la mejora del método permite ir más lejos en la evaluación de las alternativas, nos permite obtener resultados similares para alternativas de datos similares gracias a la reducción de la influencia de la hipótesis de ocupación. Esto nos abre la posibilidad de comparar alternativas que presentan diferencias radicales en la implantación y forma de los edificios con el fin de evaluarlas cuantitativamente. Este es el caso del proyecto “Lyon Confluence”, actualmente en procesos de evaluación, donde para cada barrio las diferentes alternativas son presentadas por diferentes estudios de arquitectura y por lo tanto los planteamientos son completamente diferentes.

7 ANEXO

Los resultados de la evaluación de las alternativas para los tres barrios del proyecto “Espaces Gare” se presentan a continuación en forma de tablas donde se resumen los criterios necesarios para el cálculo de los indicadores.

7.1 Resultados de la evaluación del barrio oeste

7.1.1 Resultados antes de la mejora del método

RES : Preservar los recursos				
Energía			Infos	
Alternativa	febrero	n.d.		
Consumo [MWh]	5,34E+05	n.d.		
Agua			Infos	
Alternativa	febrero	n.d.		
Consumo [m3]	2,73E+06	n.d.		
Superficie útil de tejado [m ²]	4121	n.d.		
Precipitaciones [m3/(m ² .año)]	0,68	n.d.		
Suelo			Infos	
			febrero	n.d.
Categoría de la superficie	Coficiente de uso C _u	Superficie inicial m ²	Superficie proyecto m ²	Superficie proyecto m ²
Tejido urbano continuo	0,95	600	13738	n.d.
Lugar industrial o comercial	0,95	49400	0	n.d.
Zonas portuarias	0,95			
Aeropuertos	0,9			
Carreteras y redes férreas	0,9			
Tejido urbano discontinuo	0,85		15001	n.d.
Zonas agrícolas cultivadas	0,75			
Zonas urbanas verdes	0,7			
Instalaciones deportivas y de ocio	0,7	0	21261	n.d.
Zonas agrícolas de ganadería	0,55			
Zonas forestales	0,35			
Playas y dunas	0,25			
Zonas húmedas	0,15			
Superficie total		50000	50000	n.d.
Recursos abióticos agotables			Infos	
	Alternativa	febrero	n.d.	
Agotamiento de recursos [10 ⁻⁹]		774	n.d.	

ECO : Preservar el ecosistema			
Acidificación			Infos
-	Alternativa	febrero	n.d.
	Emissiones [kg.eq SO ₂]	1,85E+05	n.d.
Eco-toxicidad			Infos
-	Alternativa	febrero	n.d.
	Eco-toxicidad [m ³ de agua]	6,59E+08	n.d.
Eutrofización			Infos
-	Alternativa	febrero	n.d.
	Eutrofización [kg.eq PO ₄ (3-)]	2,08E+04	n.d.
Residuos inertes últimos			Infos
-	Alternativas	febrero	n.d.
	Residuos últimos [t.eq]	8,09E+04	n.d.

RIS : Preservar la salud y considerar los riesgos			
Efecto invernadero			Infos
	Alternativas	febrero	n.d.
	Emissiones [t.eq CO ₂]	9,94E+04	n.d.
Toxicidad humana			Infos
	Alternativas	febrero	n.d.
	Toxicidad [kg.eq Hum]	3,50E+05	n.d.
Smog de verano			Infos
	Alternativas	febrero	n.d.
	Emissiones [kg.eq C ₂ H ₄]	1,25E+05	n.d.
Residuos radioactivos			Infos
	Alternativas	febrero	n.d.
	Volumen generado [dm ³]	2,52E+03	n.d.

AMB : Mejorar la calidad de los ambientes				
Ambientes interiores				Infos
Confort higrotérmico				Infos
	Alternativa	febrero	n.d.	
Nota de confort [0-10]		5	n.d.	
Tasa de inconfort [%]		3,5	n.d.	
Visibilidad interior				Infos
	Alternativa	febrero	n.d.	
Factor de forma con el cielo		0,34	n.d.	
Iluminación natural				Infos
	Alternativa	febrero	n.d.	
Ratio Sup. acristalada/sup. útil		0,08	n.d.	
Espacio interior				Infos
Número de habitantes:	2240	Alternativa	febrero	n.d.
		Sup. útil total [m ²]	67146	n.d.
		Espacio habitable medio [m ²]	30,0	n.d.
Ambientes exteriores				Infos
Confort acústico				Infos
	Alternativa	febrero	n.d.	
% Fachada día < 70 dB(A)		82,7	n.d.	
% Fachada noche < 65 dB(A)		100,0	n.d.	
% Suelo día < 70 dB(A)		13,0	n.d.	
% Suelo noche < 60 dB(A)		38,0	n.d.	
Visibilidad exterior				Infos
	Alternativa	febrero	n.d.	
Visibilidad de monumentos [0-1]		0,6	n.d.	
Factor de forma calle-cielo		0,72	n.d.	
Factor de forma espacios públicos-cielo		0,73	n.d.	
Insolación				Infos
	Alternativa	febrero	n.d.	
Insolación relativa de los espacios verdes [%]		64,3	n.d.	
Insolación relativa de las fachadas [%]		13,3	n.d.	
Insolación relativa de los tejados [%]		73,4	n.d.	
	Alternativas	febrero	n.d.	
Diferencia relativa de insolación al este [0-1]		0,15	n.d.	
Diferencia relativa de insolación al oeste [0-1]		0,18	n.d.	
Diferencia relativa de insolación al sur [0-1]		0,06	n.d.	
Diferencia relativa de insolación al norte [0-1]		0,34	n.d.	
(1-media)		0,82	n.d.	

7.1.2 Resultados después de la mejora del método

RES : Preservar los recursos				
Energía			Infos	
alternativa	febrero	n.d.		
Consumo [MWh]	4,54E+05	n.d.		
Agua			Infos	
alternativa	febrero	n.d.		
Consumo [m ³]	2,99E+05	n.d.		
Superficie útil de tejado [m ²]	4157	n.d.		
Precipitaciones [m ³ /(m ² .año)]	0	0		
Suelo			Infos	
		febrero	n.d.	
Categoría de la superficie	Coefficiente de uso C _u	Superficie inicial m ²	Superficie proyecto m ²	
Tejido urbano continuo	0,95	600	13858	
Lugar industrial o comercial	0,95	49400	0	
Zonas portuarias	0,95			
Aeropuertos	0,9			
Carreteras y redes férreas	0,9			
Tejido urbano discontinuo	0,85		15001	
Zonas agrícolas cultivadas	0,75			
Zonas urbanas verdes	0,7			
Instalaciones deportivas y de ocio	0,7	0	21141	
Zonas agrícolas de ganadería	0,55			
Zonas forestales	0,35			
Playas y dunas	0,25			
Zonas húmedas	0,15			
Superficie total		50000	50000	n.d.
Recursos abióticos agotables			Infos	
	alternativa	febrero	n.d.	
Agotamiento de recursos [10 ⁻⁹]		623	n.d.	

ECO : Preservar el ecosistema			
Acidificación			Infos
-	alternativa	febrero	n.d.
Emisiones [kg.eq SO ₂]		1,44E+05	n.d.
Eco-toxicidad			Infos
-	alternativa	febrero	n.d.
Eco-toxicidad [m ³ de agua]		4,47E+08	n.d.
Eutrofización			Infos
-	alternativa	febrero	n.d.
Eutrofización [kg.eq PO ₄ (3-)]		1,76E+04	n.d.
Residuos inertes últimos			Infos
-	alternativa	febrero	n.d.
Residuos últimos [t.eq]		6,79E+04	n.d.

RIS : Preservar la salud y considerar los riesgos			
Efecto invernadero			Infos
	alternativa	febrero	n.d.
Emisiones [t.eq CO ₂]		9,20E+04	n.d.
Toxicidad humana			Infos
	alternativa	febrero	n.d.
Toxicidad [kg.eqChHum]		2,28E+05	n.d.
Smog de verano			Infos
	alternativa	febrero	n.d.
Emisiones [kg.eq C ₂ H ₄]		1,08E+05	n.d.
Residuos radioactivos			Infos
	alternativa	febrero	n.d.
Volumen generado [dm ³]		1,90E+03	n.d.

AMB : Mejorar la calidad de los ambientes				
Ambientes interiores			Infos	
Confort higrotérmico			Infos	
	alternativa	febrero	n.d.	
Note de confort [0-10]		5	n.d.	
Tasa de inconfort [%]		0,6	n.d.	
Visibilidad interior			Infos	
	alternativa	febrero	n.d.	
Factor de forma con el cielo		0,34	n.d.	
Iluminación natural			Infos	
	alternativa	febrero	n.d.	
Ratio Sup. Acristalada/Sup. útil		0,08	n.d.	
Espacio interior			Infos	
Número de habitantes:	2240	alternativa	febrero	n.d.
Sup. útil total [m ²]		67866	n.d.	
Espacio habitable medio [m ²]		30,3	n.d.	
Ambientes exteriores			Infos	
Confort acústico			Infos	
	alternativa	febrero	n.d.	
% Fachada día < 70 dB(A)		82,7	n.d.	
% Fachada noche < 65 dB(A)		100,0	n.d.	
% Suelo día < 70 dB(A)		13,0	n.d.	
% Suelo noche < 60 dB(A)		38,0	n.d.	
Visibilidad exterior			Infos	
	alternativa	febrero	n.d.	
Visibilidad de monumentos [0-1]		0,6	n.d.	
Factor de forma calle-cielo		0,72	n.d.	
Factor de forma espacios públicos-cielo		0,73	n.d.	
Insolación			Infos	
	alternativa	febrero	n.d.	
Insolación relativa de los espacios verdes [%]		64,3	n.d.	
Insolación relativa de las fachadas [%]		13,3	n.d.	
Insolación relativa de los tejados [%]		73,4	n.d.	
	alternativa	febrero	n.d.	
Diferencia relativa de insolación al este [0-1]		0,15	n.d.	
Diferencia relativa de insolación al oeste [0-1]		0,18	n.d.	
Diferencia relativa de insolación al sur [0-1]		0,06	n.d.	
Diferencia relativa de insolación al norte [0-1]		0,34	n.d.	
(1-media)		0,82	n.d.	

7.2 Resultados para el barrio este

7.2.1 Resultados antes de la mejora del método

RES : Preservar los recursos				
Energía			Infos	
alternativa		julio	septiembre	
Consumo [MWh]		1,40E+05	1,40E+05	
Agua			Infos	
alternativa		julio	septiembre	
Consumo [m ³]		1,20E+05	1,00E+05	
Superficie útil de tejado [m ²]		1306	1476	
Precipitaciones [m ³ /(m ² .an)]		0,68	0,68	
Suelo			Infos	
			julio	septiembre
Categoría de superficie	Coefficiente de uso C _u	Superficie inicial m ²	Superficie proyecto m ²	Superficie proyecto m ²
Tejido urbano continuo	0,95	4000	4354	4919
Lugar industrial o comercial	0,95	9180	0	0
Zonas portuarias	0,95	0	0	0
Aeropuertos	0,9	0	0	0
Carreteras y red férrea	0,9		0	0
Tejido urbano discontinuo	0,85	0	15495	5958
Zonas agrícolas cultivadas	0,75	0	0	0
Zonas urbanas verdes	0,7	9180	0	0
Instalaciones deportivas y de ocio	0,7	0	2511	11483
Zonas agrícolas de ganado	0,55	0	0	0
Zonas forestales	0,35	0	0	0
Playas y dunas	0,25	0	0	0
Zonas húmedas	0,15	0	0	0
Superficie total		22360	22360	22360
Recursos abióticos agotables			Infos	
	alternativa	julio	septiembre	
Agotamiento de recursos [10 ⁻⁹]		200	196	

ECO : Preservar el ecosistema				
Acidificación				Info s
-	alternativa	julio	septiembre	
Emisiones [kg.eqSO ₂]		73000	65000	
Ecotoxicidad				Info s
-	alternativa	julio	septiembre	
Ecotoxicidad [m3 de agua]		3,07E+08	2,50E+08	
Eutrofización				Info s
-	alternativa	julio	septiembre	
Eutrofización [kg.eqPO ₄ (3-)]		8200	7100	
Residuos inertes últimos				Info s
-	alternativa	julio	septiembre	
Residuos últimos [t.eq]		29700	28100	

RIS : Preservar la salud y considerar los riesgos				
Efecto invernadero				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Emisiones [t.eqCO ₂]		31100	25200	
Toxicidad humana				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Toxicidad [kg.eqChHum]		151000	133000	
Smog de verano				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Emisiones [kg.eqC ₂ H ₄]		48000	43000	
Residuos radioactivos				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Volumen generado [dm3]		1220	870	

AMB : Mejorar la calidad de los ambientes				
Ambientes interiores				Infos
Confort higrotérmico				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Note de confort [0-10]		5	5	
Tasa de inconfort [%]		30	33	
Visibilidad interior				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Factor de forma con el cielo		0,78	0,84	
Iluminación natural				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Ratio Sup. acristalada/Sup. útil		0,08	0,11	
Espacio interior				Infos
Número de habitantes:	650	alternativa	julio	septiembre
		Sup. útil tot. [m ²]	19360	19675
		Espacio habitable medio [m ²]	29,8	30,3
Ambientes exteriores				Infos
Confort acústico				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
% Façade jour < 70 dB(A)		82,7	83,0	
% Façade nuit < 65 dB(A)		100,0	100,0	
% Sol jour < 70 dB(A)		86,9	87,0	
% Sol nuit < 60 dB(A)		87,2	87,0	
Visibilidad exterior				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Visibilidad de los monumentos [0-1]		0,4	0,6	
Factor de forma calle - cielo		0,00	0,00	
Factor de forma espacios públicos - cielo		0,67	0,81	
Insolación				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Insolación relativa de los espacios verdes [%]		90,5	100,0	
Insolación relativa de las fachadas [%]		13,0	15,7	
Insolación relativa de los tejados [%]		73,8	73,0	
	alternativa	julio	septiembre	
Diferencia relativa de insolación al este [0-1]		0,13	0,38	
Diferencia relativa de insolación al oeste [0-1]		0,24	0,14	
Diferencia relativa de insolación al sur [0-1]		0,12	0,01	
Diferencia relativa de insolación al norte [0-1]		0,05	0,02	
	(1-media)	0,87	0,87	

7.2.2 Resultados después de la mejora

RES : Preservar los recursos				
Energía			Infos	
alternativa		julio	septiembre	
Consumo [MWh]		1,40E+05	1,40E+05	
Agua			Infos	
alternativa		julio	septiembre	
Consumo [m3]		1,20E+05	1,00E+05	
Superficie útil de tejado [m ²]		1306	1476	
Precipitaciones [m3/(m ² .año)]		0	0	
Suelo			Infos	
			julio	septiembre
Categoría de superficie	Coefficiente de uso C _u	Superficie inicial m ²	Superficie proyecto m ²	Superficie proyecto m ²
Tejido urbano continuo	0,95	4000	4354	4919
Lugar industrial o comercial	0,95	9180	0	0
Zonas portuarias	0,95	0	0	0
Aeropuertos	0,9	0	0	0
Carreteras y redes férreas	0,9		0	0
Tejido urbano discontinuo	0,85	0	15495	5958
Zonas agrícolas cultivadas	0,75	0	0	0
Zonas urbanas verdes	0,7	9180	0	0
Instalaciones deportivas y de ocio	0,7	0	2511	11483
Zonas agrícolas de ganadería	0,55	0	0	0
Zonas forestales	0,35	0	0	0
Playas y dunas	0,25	0	0	0
Zonas húmedas	0,15	0	0	0
Superficie total		22360	22360	22360
Recursos abióticos agotables			Infos	
	alternativa	julio	septiembre	
Agotamiento de recursos [10 ⁻⁹]		200	196	

ECO : Preservar el ecosistema				
Acidificación				Info s
-	alternativa	julio	septiembre	
Emisiones [kg.eqSO ₂]		47000	46000	
Eco-toxicidad				Info s
-	alternativa	julio	septiembre	
Eco-toxicidad [m3 de agua]		1,45E+08	1,40E+08	
Eutrofización				Info s
-	alternativa	julio	septiembre	
Eutrofización [kg.eqPO ₄ (3-)]		5700	5600	
Residuos inertes últimos				Info s
-	alternativa	julio	septiembre	
Residuos últimos [t.eq]		22400	22000	

RIS : Preservar la salud y considerar los riesgos				
Efecto invernadero				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Emisiones [t.eqCO ₂]		29300	28800	
Toxicidad humana				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Toxicidad [kg.eqChHum]		75000	72900	
Smog de verano				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Emisiones [kg.eq C ₂ H ₄]		34600	34000	
Desechos radioactivos				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
Volumen generado [dm3]		613	630	

AMB : Mejorar la calidad de los ambientes				
Ambientes interiores				Infos
Confort higrotérmico				Infos
	Variantes	julio	septiembre	
	Note de confort [0-10]	5	5	
	Tasa de inconfort [%]	4	8	
Visibilidad interior				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
	Factor de forma con el cielo	0,78	0,84	
Iluminación natural				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
	Ratio Sup. acristalada/Sup. útil	0,08	0,11	
Espacio interior				Infos
Número de habitantes:	650	alternativa	julio	septiembre
		Sup. útil total [m²]	19360	19675
		Espacio habitable medio [m²]	29,8	30,3
Ambientes exteriores				Infos
Confort acústico				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
	% Fachada día < 70 dB(A)	82,7	83,0	
	% Fachada noche < 65 dB(A)	100,0	100,0	
	% Suelo día < 70 dB(A)	86,9	87,0	
	% Suelo noche < 60 dB(A)	87,2	87,0	
Visibilidad exterior				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
	Visibilidad de monumentos [0-1]	0,4	0,6	
	Factor de forma calle-cielo	0,00	0,00	
	Factor de forma espacios públicos-cielo	0,67	0,81	
Radiación solar				Infos
	alternativa	julio	septiembre	
	Radiación relativa de espacios verdes [%]	90,5	100,0	
	Radiación relativa de fachadas [%]	13,0	15,7	
	Radiación relativa de tejados [%]	73,8	73,0	
	alternativa	julio	septiembre	
	Diferencia relativa de insolación al este [0-1]	0,13	0,38	
	Diferencia relativa de insolación al oeste [0-1]	0,24	0,14	
	Diferencia relativa de insolación al sur [0-1]	0,12	0,01	
	Diferencia relativa de insolación al norte [0-1]	0,05	0,02	
	(1-media)	0,87	0,87	

7.3 Resultados para el barrio sur

7.3.1 Resultados antes de la mejora

RES : Preservar los recursos				
Energía				Infos
alternativa	gas	madera		
Consumo [MWh]	2,36E+05	3,55E+05		
Agua				Infos
alternativa	gas	madera		
Consumo [m ³]	1,90E+06	1,89E+06		
Superficie útil de tejado [m ²]	1488	1488		
PPrecipitaciones [m ³ /(m ² .an)]	0,68	0,68		
Suelo				Infos
		gas	madera	
Categoría de superficie	Coefficiente de uso C _u	Superficie inicial m ²	Superficie proyecto m ²	Superficie proyecto m ²
Tejido urbano continuo	0,95	400	4960	4960
Lugar industrial o comercial	0,95		3159	3159
Zonas portuarias	0,95			
Aeropuertos	0,9			
Carreteras y red ferroviaria	0,9			
Tejido urbano discontinuo	0,85		21418	21418
Zonas agrícolas cultivadas	0,75			
Zonas urbanas verdes	0,7			
Instalaciones deportivas y de ocio	0,7	36600	7463	7463
Zonas agrícolas de ganado	0,55			
Zonas forestales	0,35			
Playas y dunas	0,25			
Zonas húmedas	0,15			
Superficie total		37000	37000	37000
Recursos abióticos agotables				Infos
	alternativa	gas	madera	
Agotamiento de recursos [10 ⁻⁹]		342	204	

ECO : Preservar el ecosistema				
Acidificación				Infos
-	alternativa	gas	madera	
Emissions [kg.eqSO ₂]		8,90E+04	1,38E+05	
Ecotoxicidad				Infos
-	alternativa	gas	madera	
Ecotoxicidad [m3 de agua]		3,46E+08	2,71E+08	
Eutrofización				Infos
-	alternativa	gas	madera	
Eutrofización [kg.eqPO ₄ (3-)]		9,39E+03	1,73E+04	
Residuos inertes últimos				Infos
-	alternativa	gas	madera	
Residuos últimos [t.eq]		3,58E+04	3,50E+04	

RIS : Preservar la salud y considerar los riesgos				
Efecto invernadero				Infos
	alternativa	gas	madera	
Emissions [t.eqCO ₂]		4,14E+04	1,13E+04	
Toxicidad humana				Infos
	alternativa	gas	madera	
Toxicidad [kg.eqChHum]		1,84E+05	3,12E+05	
Smog de verano				Infos
	alternativa	gas	madera	
Emisiones [kg.eqC ₂ H ₄]		5,72E+04	1,53E+05	
Residuos radioactivos				Infos
	alternativa	gas	madera	
Volumen generado [dm3]		1,16E+03	1,15E+03	

AMB : Mejorar la calidad de los ambientes				
Ambientes interiores				Infos
Confort higrotérmico				Infos
	alternativa	gas	madera	
Note confort [0-10]		5	5	
Tasa de inconfort [%]		15,1	15,1	
Visibilidad interior				Infos
	alternativa	gas	madera	
Factor de forma con el cielo		0,57	0,57	
Iluminación natural				Infos
	alternativa	gas	madera	
Ratio Sup.acristalada/Sup.útil		0,11	0,11	
Espacio interior				Infos
Número de habitantes:	860	alternativa	gas	madera
		Sup. útil tot [m ²]	25945	25945
		Espacio habitable medio [m ²]	30,2	30,2
Ambientes exteriores				Infos
Confort acústico				Infos
	alternativa	gas	madera	
% Fachada día < 70 dB(A)		100,0	100,0	
% Fachada noche < 65 dB(A)		100,0	100,0	
% Suelo día < 70 dB(A)		56,1	56,1	
% Suelo noche < 60 dB(A)		87,5	87,5	
Visibilidad exterior				Infos
	alternativa	gas	madera	
Visibilidad de los monumentos [0-1]		0,6	0,6	
Factor de forma calle-cielo		0,96	0,956	
Factor de forma espacios públicos-cielo		0,83	0,8321721	
Insolación				Infos
	alternativa	gas	madera	
Insolación relativa de los espacios verdes [%]		78,4	78,4	
Insolación relativa de las fachadas [%]		13,4	13,4	
Insolación relativa de los tejados [%]		70,5	70,5	
	alternativa	gas	madera	
Diferencia relativa de insolación al este [0-1]		0,23	0,23	
Diferencia relativa de insolación al oeste [0-1]		0,16	0,16	
Diferencia relativa de insolación al sur [0-1]		0,08	0,08	
Diferencia relativa de insolación al norte [0-1]		0,10	0,10	
(1-media)		0,86	0,86	

7.3.2 Resultados después de la mejora

RES : Preservar los recursos				
Energía			Infos	
alternativa	gas	madera		
Consumo [MWh]	1,78E+05	2,90E+05		
Agua			Infos	
alternativa	gas	madera		
Consumo [m3]	1,36E+05	1,30E+05		
Superficie útil de tejados [m²]	1488	1488		
Precipitaciones [m3/(m².año)]	0	0		
Suelo			Infos	
		gas	madera	
Categoría de la superficie	Coefficiente de uso C_u	Superficie inicial m²	Superficie proyecto m²	Superficie proyecto m²
Tejido urbano continuo	0,95	400	4960	4960
Lugar industrial o comercial	0,95		3159	3159
Zonas portuarias	0,95			
Aeropuertos	0,9			
Carreteras y redes férreas	0,9			
Tejido urbano discontinuo	0,85		21418	21418
Zonas agrícolas cultivadas	0,75			
Zonas urbanas verdes	0,7			
Instalaciones deportivas y de ocio	0,7	36600	7463	7463
Zonas agrícolas de ganadería	0,55			
Zonas forestales	0,35			
Playas y dunas	0,25			
Zonas húmedas	0,15			
Superficie total		37000	37000	37000
Recursos abióticos agotables			Infos	
	alternativa	gas	madera	
Agotamiento de recursos [10^{-9}]		247	119	

ECO : Preservar el ecosistema				
Acidificación				Infos
-	alternativa	gas	madera	
Emisiones [kg.eq SO ₂]		5,76E+04	1,04E+05	
Eco-toxicidad				Infos
-	alternativa	gas	madera	
Eco-toxicidad [m3 de agua]		1,77E+08	1,06E+08	
Eutrofización				Infos
-	alternativa	gas	madera	
Eutrofización [kg.eq PO ₄ (3-)]		7,02E+03	1,44E+04	
Residuos inertes últimos				Infos
-	alternativa	gas	madera	
Residuos últimos [t.eq]		2,78E+04	2,71E+04	

RIS : Preservar la salud y controlar los riesgos				
Efecto invernadero				Infos
	alternativa	gas	madera	
Emisiones [t.eq CO ₂]		3,61E+04	7,89E+03	
Toxicidad humana				Infos
	alternativa	gas	madera	
Toxicidad [kg.eqChHum]		9,21E+04	2,12E+05	
Smog de verano				Infos
	alternativa	gas	madera	
Emisiones [kg.eq C ₂ H ₄]		4,25E+04	1,32E+05	
Residuos radioactivos				Infos
	alternativa	gas	madera	
Volumen generado [dm3]		7,33E+02	7,24E+02	

AMB : Mejorar la calidad de los ambientes				
Ambientes interiores				Infos
Confort higrotérmico				Infos
	alternativa	gas	madera	
Nota de confort [0-10]		5	5	
Tasa de inconfort [%]		9,5	9,5	
Visibilidad interior				Infos
	alternativa	gas	madera	
Factor de forma con el cielo		0,57	0,57	
Iluminación natural				Infos
	alternativa	gas	madera	
Ratio Sup. acristalada/ Sup.útil		0,11	0,11	
Espacio interior				Infos
Número de habitantes:	860	alternativa	gas	madera
		Sup.útil total [m ²]	25945	25945
		Espacio medio habitable [m ²]	30,2	30,2
Ambientes exteriores				Infos
Confort acústico				Infos
	alternativa	gas	madera	
% Fachada día < 70 dB(A)		100,0	100,0	
% Fachada noche < 65 dB(A)		100,0	100,0	
% Suelo día < 70 dB(A)		56,1	56,1	
% Suelo noche < 60 dB(A)		87,5	87,5	
Visibilidad exterior				Infos
	alternativa	gas	madera	
Visibilidad de monumentos [0-1]		0,6	0,6	
Factor de forma calle-cielo		0,96	0,956	
Factor de forma espacios públicos-cielo		0,83	0,8321721	
Insolación				Infos
	alternativa	gas	madera	
Radiación relativa de los espacios verdes [%]		78,4	78,4	
Radiación relativa de las fachadas [%]		13,4	13,4	
Radiación relativa de los tejados [%]		70,5	70,5	
	alternativa	gas	madera	
Diferencia relativa de insolación al este [0-1]		0,23	0,23	
Diferencia relativa de insolación al oeste [0-1]		0,16	0,16	
Diferencia relativa de insolación al sur [0-1]		0,08	0,08	
Diferencia relativa de insolación al norte [0-1]		0,10	0,10	
	(1-media)	0,86	0,86	

7.4 Resultados del análisis del ciclo de vida de los edificios

7.4.1 Antes de la mejora del método

Alternativa SUR

Número del edificio	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_10
E primaria [GJ]	3,3E+01	3,1E+01	3,2E+01	3,1E+01	3,7E+01	3,2E+01	3,8E+01	3,1E+01	3,3E+01	3,9E+01
Agua [m ³]	6,6E+01	5,9E+01	7,2E+01	6,4E+01	1,0E+02	6,9E+01	1,1E+02	6,5E+01	6,9E+01	1,1E+02
Recursos [10 ⁻⁹]	1,3E-02	1,3E-02	1,3E-02	1,3E-02	1,5E-02	1,3E-02	1,5E-02	1,3E-02	1,3E-02	1,5E-02
Residuos [t.eq]	1,3E+00	1,3E+00	1,4E+00	1,3E+00	1,5E+00	1,4E+00	1,6E+00	1,3E+00	1,4E+00	1,6E+00
Residuos rad. [dm ³]	4,2E-02	4,0E-02	4,4E-02	4,2E-02	5,2E-02	4,4E-02	5,5E-02	4,3E-02	4,4E-02	5,5E-02
Efecto invernadero [t.CO ₂]	1,6E+00	1,5E+00	1,6E+00	1,5E+00	1,7E+00	1,6E+00	1,8E+00	1,5E+00	1,6E+00	1,8E+00
Acidificación [kg.SO ₂]	3,3E+00	3,1E+00	3,4E+00	3,2E+00	4,0E+00	3,3E+00	4,2E+00	3,3E+00	3,4E+00	4,2E+00
Eutrofización [kg.PO ₄]	3,6E-01	3,4E-01	3,5E-01	3,4E-01	4,1E-01	3,5E-01	4,2E-01	3,5E-01	3,6E-01	4,3E-01
Ecotoxicidad [m ³]	1,3E+04	1,2E+04	1,3E+04	1,2E+04	1,6E+04	1,3E+04	1,7E+04	1,2E+04	1,3E+04	1,7E+04
Toxicidad humana [kg]	6,8E+00	6,3E+00	6,9E+00	6,5E+00	8,7E+00	6,8E+00	9,1E+00	6,6E+00	6,9E+00	9,2E+00
Smog de verano [kg. C ₂ H ₄]	2,2E+00	2,1E+00	2,2E+00	2,1E+00	2,5E+00	2,2E+00	2,6E+00	2,1E+00	2,2E+00	2,6E+00

Alternativa ESTE_09

Número del edificio	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7
E primaria [GJ]	1,6E+01	4,2E+01	3,0E+01	3,2E+01	5,6E+01	5,0E+01	5,9E+01
Agua [m ³]	3,9E+01	1,1E+02	3,6E+01	4,3E+01	1,5E+02	1,2E+02	1,5E+02
Recursos [10 ⁻⁹]	9,8E-03	1,8E-02	1,2E-02	1,5E-02	2,8E-02	2,1E-02	2,8E-02
Residuos [t.eq]	1,2E+00	1,8E+00	1,2E+00	1,3E+00	2,1E+00	1,8E+00	2,1E+00
Residuos rad. [dm ³]	2,9E-02	6,7E-02	3,4E-02	3,8E-02	8,5E-02	7,4E-02	9,9E-02
Efecto invernadero [t.CO ₂]	7,2E-01	1,7E+00	1,5E+00	1,5E+00	2,3E+00	2,0E+00	2,3E+00
Acidificación [kg.SO ₂]	2,2E+00	4,9E+00	2,8E+00	3,4E+00	5,6E+00	5,3E+00	5,6E+00
Eutrofización [kg.PO ₄]	2,3E-01	5,2E-01	3,4E-01	3,8E-01	7,0E-01	5,3E-01	5,6E-01
Ecotoxicidad [m ³]	7,3E+03	2,1E+04	9,3E+03	1,1E+04	2,8E+04	2,1E+04	2,8E+04
Toxicidad humana [kg]	4,5E+00	1,1E+01	5,3E+00	6,0E+00	1,3E+01	1,1E+01	1,3E+01
Smog de verano [kg. C ₂ H ₄]	1,3E+00	3,1E+00	2,2E+00	2,3E+00	4,2E+00	3,2E+00	4,2E+00

Alternativa ESTE_07

Número del edificio	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_10
E primaria [GJ]	2,6E+01	3,0E+01	3,3E+01	5,8E+01	5,8E+01	5,8E+01	4,9E+01	5,8E+01	5,8E+01	4,9E+01
Agua [m ³]	3,1E+01	8,2E+01	5,9E+01	1,5E+02	1,5E+02	1,5E+02	1,1E+02	1,5E+02	1,5E+02	1,1E+02
Recursos [10 ⁻⁹]	1,1E-02	1,3E-02	1,4E-02	2,7E-02	2,7E-02	2,7E-02	2,0E-02	2,7E-02	2,7E-02	2,0E-02
Residuos [t.eq]	1,3E+00	1,4E+00	1,5E+00	2,1E+00	2,1E+00	2,1E+00	1,8E+00	2,1E+00	2,1E+00	1,8E+00
Residuos rad. [dm ³]	3,1E-02	4,4E-02	4,4E-02	1,4E-01	1,4E-01	1,4E-01	1,0E-01	1,4E-01	1,4E-01	1,0E-01
Efecto invernadero [t.CO ₂]	1,3E+00	1,1E+00	1,5E+00	2,7E+00	2,7E+00	2,7E+00	2,0E+00	2,7E+00	2,7E+00	2,0E+00
Acidificación [kg.SO ₂]	2,7E+00	3,5E+00	3,4E+00	5,5E+00	5,5E+00	5,5E+00	5,1E+00	5,5E+00	5,5E+00	5,1E+00
Eutrofización [kg.PO ₄]	3,0E-01	3,7E-01	3,9E-01	6,8E-01	6,8E-01	6,8E-01	5,1E-01	6,8E-01	6,8E-01	5,1E-01
Ecotoxicidad [m ³]	9,4E+03	1,5E+04	1,3E+04	2,7E+04	2,7E+04	2,7E+04	2,0E+04	2,7E+04	2,7E+04	2,0E+04
Toxicidad humana kg	5,0E+00	7,7E+00	6,7E+00	1,2E+01	1,2E+01	1,2E+01	1,0E+01	1,2E+01	1,2E+01	1,0E+01
Smog de verano [kg. C ₂ H ₄]	1,8E+00	2,3E+00	2,3E+00	4,0E+00	4,0E+00	4,0E+00	3,4E+00	4,0E+00	4,0E+00	3,4E+00

Barrio OESTE

Número del edificio	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_10
E primaria [GJ]	2,7E+01	2,9E+01	3,7E+01	3,2E+01	3,8E+01	2,9E+01	4,2E+01	5,2E+01	5,1E+01	3,8E+01
Agua [m3]	2,4E+01	3,2E+01	8,6E+01	5,9E+01	9,2E+01	3,2E+01	1,2E+02	1,8E+02	1,8E+02	9,2E+01
Recursos [10-9]	1,1E-02	1,2E-02	1,5E-02	1,3E-02	1,5E-02	1,2E-02	1,6E-02	1,9E-02	1,9E-02	1,5E-02
Residuos [t.eq]	1,2E+00	1,2E+00	1,6E+00	1,4E+00	1,6E+00	1,2E+00	1,8E+00	2,3E+00	2,3E+00	1,6E+00
Residuos rad. [dm3]	3,7E-02	3,4E-02	5,1E-02	4,3E-02	5,3E-02	3,4E-02	6,1E-02	8,1E-02	8,0E-02	5,3E-02
Efecto invernadero [t.CO2]	1,5E+00	1,5E+00	1,8E+00	1,6E+00	1,8E+00	1,5E+00	1,9E+00	2,3E+00	2,2E+00	1,8E+00
Acidificación [kg.SO2]	2,6E+00	2,7E+00	3,8E+00	3,2E+00	3,9E+00	2,7E+00	4,5E+00	5,7E+00	5,6E+00	3,9E+00
Eutrofización [kg.PO4]	3,0E-01	3,1E-01	4,0E-01	3,5E-01	4,1E-01	3,1E-01	4,6E-01	5,7E-01	5,6E-01	4,1E-01
Ecotoxicidad [m3]	8,6E+03	9,3E+03	1,5E+04	1,2E+04	1,5E+04	9,3E+03	1,8E+04	2,4E+04	2,4E+04	1,5E+04
Toxicidad humana [kg]	4,5E+00	4,9E+00	7,9E+00	6,4E+00	8,2E+00	4,9E+00	9,7E+00	1,3E+01	1,3E+01	8,2E+00
Smog de verano[kg.C2H4]	1,8E+00	1,9E+00	2,4E+00	2,1E+00	2,5E+00	1,9E+00	2,7E+00	3,4E+00	3,3E+00	2,5E+00

Barrio OESTE

Número del edificio	O_11	O_12	O_13	O_14	O_15	O_16	O_17	O_18	O_19
E primaria [GJ]	5,1E+01	2,8E+01	3,7E+01	5,2E+01	4,8E+01	2,8E+01	3,4E+01	5,2E+01	2,0E+01
Agua [m3]	1,8E+02	2,8E+01	8,6E+01	1,8E+02	1,6E+02	3,0E+01	6,6E+01	1,8E+02	7,6E+00
Recursos [10-9]	1,9E-02	1,2E-02	1,5E-02	1,9E-02	1,8E-02	1,1E-02	1,3E-02	1,9E-02	8,3E-03
Residuos [t.eq]	2,3E+00	1,2E+00	1,6E+00	2,3E+00	2,0E+00	1,2E+00	1,4E+00	2,3E+00	8,2E-01
Residuos rad. [dm3]	8,0E-02	3,3E-02	5,1E-02	8,1E-02	7,0E-02	3,4E-02	4,5E-02	8,1E-02	2,6E-02
Efecto invernadero [t.CO2]	2,2E+00	1,5E+00	1,8E+00	2,3E+00	2,1E+00	1,5E+00	1,7E+00	2,3E+00	1,1E+00
Acidificación [kg.SO2]	5,6E+00	2,6E+00	3,8E+00	5,7E+00	5,1E+00	2,6E+00	3,4E+00	5,7E+00	1,8E+00
Eutrofización [kg.PO4]	5,6E-01	3,0E-01	4,0E-01	5,7E-01	5,2E-01	3,0E-01	3,6E-01	5,7E-01	2,1E-01
Ecotoxicidad [m3]	2,4E+04	9,1E+03	1,5E+04	2,4E+04	2,1E+04	9,0E+03	1,3E+04	2,4E+04	5,7E+03
Toxicidad humana [kg]	1,3E+01	4,8E+00	7,9E+00	1,3E+01	1,2E+01	4,8E+00	6,7E+00	1,3E+01	2,9E+00
Smog de verano [kg.C2H4]	3,3E+00	1,8E+00	2,4E+00	3,4E+00	3,1E+00	1,8E+00	2,2E+00	3,3E+00	1,3E+00

7.4.2 Después de la mejora del método

Barrio SUR

Número del edificio	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_10
E primaria [GJ]	2,4E+01	2,5E+01	2,4E+01	2,5E+01	2,5E+01	2,4E+01	2,6E+01	2,4E+01	2,6E+01	2,5E+01
Agua [m3]	5,3E+00	4,1E+00	4,5E+00	4,3E+00	5,3E+00	6,1E+00	8,2E+00	5,9E+00	6,2E+00	8,3E+00
Recursos [10-9]	9,3E-03	9,4E-03	9,4E-03	9,5E-03	9,5E-03	9,4E-03	1,0E-02	9,4E-03	9,8E-03	9,9E-03
Residuos [t.eq]	1,1E+00	1,0E+00	1,1E+00	1,0E+00	1,1E+00	1,1E+00	1,2E+00	1,1E+00	1,1E+00	1,2E+00
Residuo rad. [dm3]	2,7E-02	2,8E-02	2,8E-02	2,8E-02	2,8E-02	2,9E-02	3,0E-02	2,9E-02	2,9E-02	3,0E-02
Efecto invernadero [t.CO2]	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,4E+00
Acidificación[kg.SO2]	2,2E+00	2,2E+00	2,2E+00	2,2E+00	2,2E+00	2,2E+00	2,4E+00	2,2E+00	2,3E+00	2,3E+00
Eutrofización [kg.PO4]	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,7E-01	2,9E-01	2,7E-01	2,8E-01	2,8E-01
Ecotoxicidad [m3]	6,7E+03	6,7E+03	6,7E+03	6,8E+03	6,8E+03	6,7E+03	7,3E+03	6,7E+03	7,1E+03	7,2E+03
Toxicidad humana [kg]	3,5E+00	3,5E+00	3,5E+00	3,5E+00	3,6E+00	3,6E+00	3,8E+00	3,6E+00	3,7E+00	3,8E+00
Smog de verano [kg.C2H4]	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,7E+00	1,6E+00	1,7E+00	1,7E+00

Barrio ESTE 09

Número del edificio	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7
E primaria[GJ]	2,4E+01	2,9E+01	2,4E+01	2,4E+01	2,9E+01	2,8E+01	2,9E+01
Agua [m3]	3,5E+00	5,2E+00	4,7E+00	5,3E+00	1,2E+01	1,0E+01	1,2E+01
Recursos [10-9]	9,3E-03	1,1E-02	9,3E-03	9,5E-03	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02
Residuos [t.eq]	1,0E+00	1,3E+00	1,0E+00	1,1E+00	1,3E+00	1,2E+00	1,3E+00
Residuos rad. [dm3]	3,1E-02	3,6E-02	3,1E-02	3,2E-02	3,6E-02	3,5E-02	4,0E-02
Efecto invernadero [t.CO2]	1,4E+00	1,6E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,6E+00
Acidificación [kg.SO2]	2,2E+00	2,6E+00	2,2E+00	2,2E+00	2,7E+00	2,6E+00	2,7E+00
Eutrofización [kg.PO4]	2,6E-01	3,2E-01	2,7E-01	2,7E-01	3,2E-01	3,1E-01	3,2E-01
Ecotoxicidad [m3]	6,6E+03	7,9E+03	6,7E+03	6,8E+03	8,4E+03	8,1E+03	8,3E+03
Toxicidad humana [kg]	3,4E+00	4,1E+00	3,5E+00	3,6E+00	4,4E+00	4,2E+00	4,4E+00
Smog de verano [kg.C2H4]	1,6E+00	1,9E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,9E+00	1,9E+00	1,9E+00

Barrio ESTE 07

Número del edificio	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_10
E primaria [GJ]	2,6E+01	2,6E+01	2,6E+01	3,0E+01	2,9E+01	3,0E+01	2,9E+01	2,9E+01	3,0E+01	2,9E+01
Agua [m3]	3,9E+00	4,3E+00	5,2E+00	1,2E+01	1,2E+01	1,2E+01	9,8E+00	1,2E+01	1,2E+01	9,8E+00
Recursos [10-9]	1,0E-02	9,9E-03	1,0E-02	1,2E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,1E-02
Residuos [t.eq]	1,1E+00	1,1E+00	1,1E+00	1,3E+00	1,3E+00	1,3E+00	1,2E+00	1,3E+00	1,3E+00	1,2E+00
Residuos rad. [dm3]	3,0E-02	3,0E-02	3,0E-02	3,6E-02	3,6E-02	3,6E-02	3,5E-02	3,6E-02	3,6E-02	3,5E-02
Efecto invernadero[t.CO2]	1,5E+00	1,5E+00	1,5E+00	1,7E+00	1,6E+00	1,7E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,7E+00	1,6E+00
Acidificación [kg.SO2]	2,3E+00	2,3E+00	2,4E+00	2,7E+00	2,7E+00	2,7E+00	2,6E+00	2,7E+00	2,7E+00	2,6E+00
Eutrofización [kg.PO4]	2,8E-01	2,8E-01	2,9E-01	3,3E-01	3,2E-01	3,3E-01	3,2E-01	3,2E-01	3,3E-01	3,1E-01
Ecotoxicidad [m3]	7,1E+03	7,0E+03	7,3E+03	8,6E+03	8,4E+03	8,6E+03	8,1E+03	8,4E+03	8,6E+03	8,1E+03
Toxicidad humana [kg]	3,6E+00	3,6E+00	3,8E+00	4,5E+00	4,4E+00	4,5E+00	4,3E+00	4,4E+00	4,5E+00	4,2E+00
Smog de verano [kg.C2H4]	1,7E+00	1,7E+00	1,7E+00	2,0E+00	1,9E+00	2,0E+00	1,9E+00	1,9E+00	2,0E+00	1,9E+00

Barrio OESTE

Número del edificio	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8	O_9	O_10
E primaria [GJ]	2,5E+01	2,5E+01	2,7E+01	2,6E+01	2,7E+01	2,9E+01	2,8E+01	3,1E+01	3,0E+01	2,8E+01
Agua [m3]	3,2E+00	4,0E+00	7,1E+00	5,7E+00	7,4E+00	4,3E+00	9,0E+00	1,5E+01	1,4E+01	7,5E+00
Recursos [10-9]	9,6E-03	9,6E-03	1,1E-02	9,9E-03	1,0E-02	1,1E-02	1,1E-02	1,2E-02	1,2E-02	1,1E-02
Residuos [t.eq]	1,0E+00	1,0E+00	1,2E+00	1,1E+00	1,2E+00	1,2E+00	1,2E+00	1,4E+00	1,4E+00	1,2E+00
Residuos rad. [dm3]	3,1E-02	2,7E-02	3,1E-02	2,9E-02	3,1E-02	3,1E-02	3,1E-02	3,7E-02	3,7E-02	3,1E-02
Efecto invernadero [t.CO2]	1,4E+00	1,4E+00	1,5E+00	1,4E+00	1,5E+00	1,6E+00	1,6E+00	1,7E+00	1,6E+00	1,5E+00
Acidificación [kg.SO2]	2,2E+00	2,2E+00	2,5E+00	2,3E+00	2,5E+00	2,5E+00	2,5E+00	2,9E+00	2,8E+00	2,5E+00
Eutrofización [kg.PO4]	2,7E-01	2,7E-01	3,0E-01	2,8E-01	3,0E-01	3,1E-01	3,1E-01	3,4E-01	3,3E-01	3,0E-01
Ecotoxicidad [m3]	6,8E+03	6,8E+03	7,7E+03	7,1E+03	7,6E+03	7,8E+03	7,9E+03	9,1E+03	8,7E+03	7,7E+03
Toxicidad huamana [kg]	3,4E+00	3,5E+00	4,0E+00	3,7E+00	3,9E+00	4,0E+00	4,1E+00	4,8E+00	4,6E+00	4,0E+00
Smog de verano [kg.C2H4]	1,6E+00	1,7E+00	1,8E+00	1,7E+00	1,8E+00	1,9E+00	1,8E+00	2,1E+00	2,0E+00	1,8E+00

Barrio OESTE

Número del edificio	O_11	O_12	O_13	O_14	O_15	O_16	O_17	O_18	O_19
E primaria [GJ]	3,0E+01	2,5E+01	2,7E+01	3,1E+01	2,9E+01	2,4E+01	2,6E+01	3,1E+01	1,9E+01
Agua [m3]	1,4E+01	3,8E+00	7,1E+00	1,5E+01	1,1E+01	3,8E+00	6,0E+00	1,5E+01	2,4E+00
Recursos [10-9]	1,2E-02	9,6E-03	1,1E-02	1,2E-02	1,1E-02	9,4E-03	1,0E-02	1,2E-02	7,3E-03
Residuos [t.eq]	1,4E+00	1,0E+00	1,2E+00	1,4E+00	1,3E+00	1,0E+00	1,1E+00	1,4E+00	7,9E-01
Residuos rad. [dm3]	3,7E-02	2,7E-02	3,1E-02	3,7E-02	3,3E-02	2,7E-02	3,0E-02	3,7E-02	2,4E-02
Efecto invernadero [t.CO2]	1,6E+00	1,4E+00	1,5E+00	1,7E+00	1,6E+00	1,4E+00	1,5E+00	1,7E+00	1,1E+00
Acidificación [kg.SO2]	2,8E+00	2,2E+00	2,5E+00	2,9E+00	2,7E+00	2,2E+00	2,3E+00	2,8E+00	1,7E+00
Eutrofización [kg.PO4]	3,3E-01	2,7E-01	3,0E-01	3,4E-01	3,2E-01	2,7E-01	2,8E-01	3,4E-01	2,1E-01
Ecotoxicidad [m3]	8,7E+03	6,9E+03	7,7E+03	9,1E+03	8,4E+03	6,7E+03	7,2E+03	9,0E+03	5,2E+03
Toxicidad humana [kg]	4,6E+00	3,5E+00	4,0E+00	4,8E+00	4,4E+00	3,4E+00	3,7E+00	4,7E+00	2,6E+00
Smog de verano [kg.C2H4]	2,0E+00	1,7E+00	1,8E+00	2,1E+00	1,9E+00	1,6E+00	1,7E+00	2,0E+00	1,3E+00

7.5 Planos



Ilustración 20: Alternativa propuesta en julio para el barrio este con la numeración de los edificios



Ilustración 21: Alternativa propuesta en septiembre para el barrio este con la numeración de los edificios

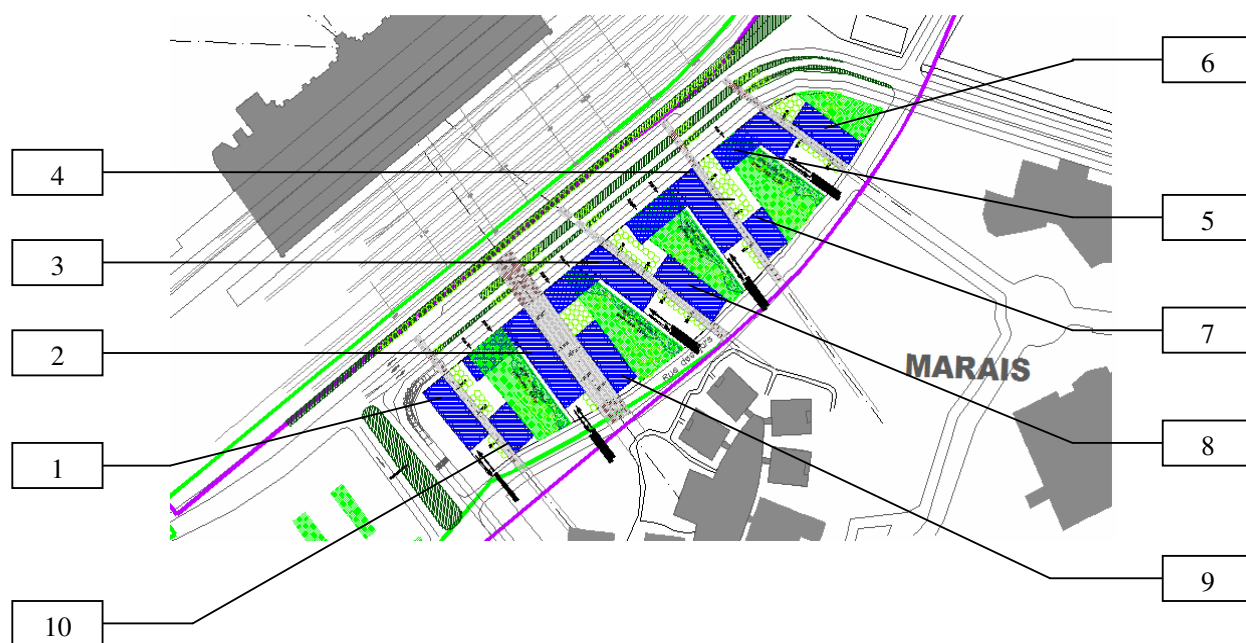


Ilustración 22: Alternativa propuesta para el barrio sur con la numeración de los edificios

8 BIBLIOGRAFÍA

CHERQUI, F: Methodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier-Méthode ADEQUA. La Rochelle 2005.

MOLINES, N., MUSY, M., GROLEAU, D. et SIRET, D.: Projet ADEQUA- Indicateurs relatifs à l'objectif « Améliorer la qualité des ambiances ». CERMA. Nantes 2005.

CHERQUI, F., MORA, L. et WURTZ, E. : Projet ADEQUA – rapport d'avancement N°1. La Rochelle 2005.

CHERQUI, F., AZNAR, A., MORA, L et WURTZ, E : Projet ADEQUA – rapport d'avancement N°2. La Rochelle 2006.

AREP : Dossier de création zone aménagement concerté La Rochelle « Espaces Gare ». La Rochelle 2005.

