

Volume 1
Issue 2

B&M

BUILDING & MANAGEMENT

E-JOURNAL. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

May
August
2017



GESTION EN EDIFICACION

B&M

BUILDING & MANAGEMENT

ISSN 2530-8157

BUILDING & MANAGEMENT
MAY- AUGUST 2017
ISSN 2530-8157



BUILDING & MANAGEMENT

VOLUME 1 ISSUE 2

BUILDING & MANAGEMENT

SCIENTIFIC e-JOURNAL

VOLUME 1 ISSUE 2 MAY - AUGUST 2017



Escuela Técnica Superior de Edificación
Universidad Politécnica de Madrid

ISSN: 2530-8157

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN. ETSEM

Avenida de Juan de Herrera, 6, 28040 Madrid
Phone: 913367611
www.edificacion.upm.es
e-mail: bm.edificacion@upm.es

DIGITAL EDITION

www.polired.upm.es

FRONT AND BACK COVERS IMAGES

Daoiz y Velarde Theatre
Plaza Daoiz y Velarde, 4. Madrid
Property development
Área de Gobierno de las Artes. Dirección General de Infraestructuras Culturales
Architect
Rafael de la Hoz
Construction Builder
Fernández Molina Obras y Servicios
Architecture for sustainable development and energy efficiency
ENERES
Pictures copyright
Alfonso Quiroga

BUILDING & MANAGEMENT is an open access scientific e-journal published every four months that accepts original, high quality and not published manuscripts. The journal scope covers all the phases of the building: project, construction, in-use, maintenance and end-of-life, and comprises a wide range of activities associated with the management of building processes where various agents in the sectors of architecture, engineering and construction participate.

GESTIÓN EN EDIFICACIÓN es una publicación científica cuatrimestral en la que se incluyen trabajos originales, de alta calidad, que no hayan sido publicados en otras revistas. Su ámbito abarca todas las fases de proyecto, ejecución, operación, mantenimiento y fin de vida del edificio y comprende un amplio abanico de actividades asociadas a la gestión de los procesos del edificio en las que participan diversos agentes de los sectores de la arquitectura, la ingeniería y la construcción.

The criteria and opinions expressed in this publication are the sole responsibility of the authors. Copyright and intellectual property rights of published documents belong to their authors, who are responsible of the published material copyright.

Los criterios y opiniones expuestos son responsabilidad exclusiva de los autores. Los derechos de autor y la propiedad intelectual del material publicado pertenecen, así mismo, a sus autores, quienes son responsables de los permisos sobre derechos del material publicado.

EDITOR - IN - CHIEF / DIRECCIÓN DE REDACCIÓN

Immaculada Martínez Pérez Universidad Politécnica de Madrid

MANAGING EDITOR / SECRETARÍA DE REDACCIÓN

Sonsoles González Rodrigo Universidad Politécnica de Madrid

ASSOCIATE EDITORS / COMITÉ EDITORIAL

Patricia Aguilera Benito Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Francisco de Borja Chávarri Caro Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Gregorio García López de la Osa Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Julián García Muñoz Universidad Politécnica de Madrid, Spain
María de las Nieves González García Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Carolina Piña Ramírez Universidad Politécnica de Madrid, Spain
María Isabel Prieto Barrio Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Mercedes Valiente López Universidad Politécnica de Madrid, Spain

EDITORIAL ADVISORY BOARD / COMITÉ CIENTÍFICO

Antonio Baño Nieva Universidad de Alcalá, Spain
Roberto Barrios Corpa Intemac, Spain
Xavier Brioso Universidad Católica Pontificia de Perú, Lima, Perú
Daniela Brizuela Valenzuela Universidad Central de Chile, Santiago, Chile
Álvaro Cerezo Ibarrodo Escuela Vasca EVETU del IVAP, Bizkaia, Spain
Alfonso Cobo Escamilla Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Miguel de Diego Elvira IDOM, Spain
Luis de Pereda Fernández Eneres / Instituto Europeo de Innovación, Spain
Emmanuel Dufrasnes Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Strasbourg / Ministère de la Culture et de la Communication, France
Grupo SGS, Madrid, Spain
ARUP, Spain
CIEMAT, Spain
Universidad Costa Rica, Costa Rica
Consejo Arquitectos / Comisión Europea
Dublin Institute of Technology, Ireland
Universidad de Burgos, Spain
Héctor Hernández López Universidad Central de Chile, Santiago, Chile
Marta Kosior-Kazberuk Bialystok University of Technology, Poland
Sandra Llorente Monleón Conspace. Vía Célere, Spain
Oscar López Zaldivar Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Fernando Machicado Martín UNE. Asociación Española de Normalización, Spain
Fernando Martín Consuegra Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
M^a Dolores Martínez Aires Universidad de Granada, Spain
Francisco J. Martínez Montesinos Universidad Católica de Murcia, Spain
Juan Manuel Medina Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia
M^a del Pilar Mercader Moyano Universidad de Sevilla, Spain
Trevor Mole Property Tectonics/Salford University, Manchester, UK
Fernando Moral Andrés Universidad Nebrija, Madrid, Spain
M^a Isabel Pérez Millán Universidad Católica de Murcia, Spain
Rudy Piedra Mena Universidad Costa Rica, Costa Rica
Carlos J. Pampliega Project Management Institute Madrid, Spain
Mara Rodríguez Hermida Instituto Tecnológico de Galicia / BREAM, Spain
Ángel Rodríguez Saiz Universidad de Burgos, Spain
María Segarra Cañamares Universidad de Castilla la Mancha, Spain
Begoña Serrano Lanzarote Instituto Valenciano de Edificación / Universidad Politécnica de Valencia, Spain
Acerta, Madrid, Spain
Patricia del Solar Serrano Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Ricardo Tendaro Caballero Universidad de Castilla la Mancha, Spain
Nelia Valverde Gascuña Universidad Politécnica de Madrid, Spain
Amparo Verdú Vázquez

SUMMARY

EDITORIAL	1
José Luis Javier Pérez Martín, Sonsoles González Rodrigo and Inmaculada Martínez Pérez	

ARTICLES

GOING ON ABOUT URBAN PLANNING PRINCIPLES A VUELTAS CON LOS PRINCIPIOS URBANÍSTICOS	4
Francisco de Borja Chávarri Caro and María Luisa Pernaute Gil	
REVERSE LOGISTICS APPLIED TO BUILDING COMPANIES. DEMOLITION STAGE LOGÍSTICA INVERSA APLICADA A LAS EMPRESAS DE EDIFICACIÓN. FASE DEMOLICIÓN	12
Mercedes del Río Merino, Paola Villoria Sáez and Fernando Torrijos Antelo	
SYNERGIES BETWEEN LAST PLANNER SYSTEM AND OHSAS 18001 - A GENERAL OVERVIEW SINERGIAS ENTRE EL LAST PLANNER SYSTEM Y LA OHSAS 18001 - UNA VISIÓN GENERAL	24
Xavier Brioso	

REVIEW ARTICLES

ECONOMIC ASSESSMENT OF ENERGY EFFICIENCY INVESTMENTS IN DWELLINGS EVALUACIÓN ECONÓMICA DE INVERSIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS	36
Héctor Hernández	
WHAT IS THE INDUSTRIAL AND TECHNICAL HERITAGE? UNDERSTAND IT TO PRESERVE IT ¿QUÉ ES EL PATRIMONIO INDUSTRIAL Y TÉCNICO? ENTENDERLO PARA CONSERVARLO	46
José Luis Javier Pérez Martín and María Elena Arés Osset	

FAST-TRACK ARTICLES

DESCRIBING THE URBAN FORM: MORPHOMETRIC INDEXES DESCRIBIENDO LA FORMA URBANA: ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	53
Nicolás Ramírez, Afshin Afshari and Julián García	

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

57

DIGITAL EDITION

A digital version of this issue is available to readers, accessible and downloadable at <http://polired.upm.es/index.php/bm/issue/archive> of the journal.

Existe a disposición de los lectores una versión digital del presente número, accesible y descargable en: <http://polired.upm.es/index.php/bm/issue/archive> of the journal.

EDITORIAL

BUILDING & MANAGEMENT

MAY - AUGUST 2017

JOSÉ LUIS JAVIER PÉREZ MARTÍN

SONSOLES GONZÁLEZ RODRIGO

INMACULADA MARTÍNEZ PÉREZ

BUILDING & MANAGEMENT

Without a doubt, the sign of the present times places at the head of any activity the noun "Management". Such an avant-garde concept is useless, if we do not know the object we are going to act on, if we do not fully understand what we are managing.

The complex socio-economic situation we are involved in, raises the intervention, on the existing built heritage, as one with the greatest potential activities.

Many of these buildings are affected by different levels of protection, linked to the values that society attributes and/or recognizes in them, in a complex miscellany of feelings. This aspect, in some way, marks nuances when it comes to focus on an intervention and therefore on its management. The economic and instrumental aspects are relegated to the background.

It is an assumed principle the understanding of these buildings from a triple focus or, as the SCCM¹ method points out, from "its three essential dimensions", the documentary, the architectural and the significant one. The intervention in any of the levels: project, carrying on, etc. is not possible without taking into account permanently, these aspect.

Proposing an intervention regardless of its material realm, without taking into account its role in history, or without understanding its meaning, its values, objectives or subjective, disqualifies any project, even whatever decorated it is with the word "management", empty of content, due to misunderstanding or ignoring the passive object of the action: the building.

We are getting used to assume personalistic positions, where personal opinion becomes absolute truth, and this, in justifying legality. Those who justifies the own decision based on International Letters or equivalent documents theories or proposals can also be found.

Both of them are mistaken, not understanding the property they will act over. It is no longer about of intervening, but

Sin lugar a duda, el signo de los tiempos actuales coloca a la cabeza de cualquier actividad el sustantivo "Gestión"; pero de nada sirve tan vanguardista término, si no conocemos el objeto sobre el que vamos a actuar, si no entendemos plenamente lo que gestionamos.

La compleja situación socio-económica en que estamos inmersos, plantea la intervención sobre el patrimonio construido existente, como una de las actividades con mayor potencial.

Muchas de esas edificaciones están afectadas por distintos niveles de protección, vinculados a los valores que la sociedad atribuye y/o reconoce en ellos, en una compleja miscelánea de sentimientos. Es este aspecto, el que, de alguna manera, marca matices a la hora de enfocar una intervención y por tanto su gestión. Los aspectos económicos e instrumentales quedan relegados a un segundo plano.

Es un principio asumido el entender estos edificios, desde un triple enfoque o, como señala el método SCCM¹, desde "sus tres dimensiones esenciales": la documental, la arquitectónica y la significativa. No puede intervenir en ninguno de los niveles: proyectual, de ejecución, etc., sin tener en cuenta, permanentemente, estos aspectos.

Plantear una intervención al margen de su realidad material, sin tener en cuenta su papel en la historia, o sin entender su significado, sus valores, objetivos o subjetivos, descalifica cualquier proyecto, por muy decorado que esté con la palabra "gestión", en este caso vaciada de contenido, al no entender o ignorar el objeto pasivo de la actuación: el edificio.

Estamos acostumbrándonos a asumir posicionamientos personalistas, en las que la opinión personal, se convierte en verdad absoluta y, ésta, en la legalidad justificativa.

También es posible encontrar a quien justifica su decisión tras teorías o planteamientos propuestos desde Cartas Internacionales o documentos equivalentes.

Ambos se equivocan al no entender el bien sobre el que van a actuar. No se trata de intervenir, sino de dar respuesta a las

¹ N.A.- El método SCCM (Servicio de Catalogación y Conservación de Monumentos), está promovido desde la Diputación de Barcelona desde el actual Servicio de Patrimonio Arquitectónico Local, utilizando las siglas de su denominación original.

about responding a unique building needs, and then, undertaking the rest of the program, without destroying or distorting any of this three dimensions. There are no standard answers. Each building demands to be understood in its complex reality.

The old contrast theory, where the new parts must be distinguished from the original ones, is no longer valid. These, like so many others today, are overcome. It is no longer about highlighting the difference, but about integrating it.

If we focus on materiality intervention, always respecting the documentary and significant value, the architectural reality, the typological analysis and the internal laws must be taken as the starting point. It is about giving an answer where the criteria of similarity and difference find an equilibrium point.

The differentiation between the old and the new should not be strange to the rhythm, dimensions and typology, so it is a matter of seeking coherence between each other, "a reciprocal correlation that unifies the entity of the whole".²

This proposal stands on the analogy, based on the recognition of the significant architectural aspects of the building, where intervention is planned, and the ways proposed in the intervention. The language used with them must be visibly interdependent and reminiscent of the original, but showing "the new linguistic structures that the intervention will introduce".²

"La intervención como operación estética es la propuesta imaginativa, arbitraria y libre por la cual se intenta no solo reconocer las estructuras significativas del material histórico existente sino su utilización como pauta analógica del nuevo artefacto edificado. La confrontación, como diferencia y semejanza, desde el interior del único sistema posible: el sistema particular definido por el objeto existente, es el fundamento de toda analogía, y sobre esta analogía se construye todo posible y aleatorio significado".²

This analogical proposal is presented as an alternative to the theoretical currents and/or dogmatic schools where agents approaching to restoration were attached, during the 20th Century as a way to provide them with "laws to raise the interventions without error risks. That is, in the hope of having a "criteria" based on immutable principles, with permanent and universal validity, and therefore not conditioned by the specific circumstances of each action"³.

Proliferation of theories, International Letters, etc., have served to highlight the non-existence of universally acceptable norms, of immutable prescriptions. But, at the same time, a theoretical debate about how to undertake interventions on preexisting architecture has remained latent.

necesidades de un edificio singular y, después, solo después, acometer el resto del programa, sin destruir ni desfigurar ninguna de sus tres dimensiones.

No hay respuestas estándar. Cada edificio exige ser entendido en su compleja realidad. Ya no es válida la vieja teoría de contraste, por la que lo nuevo debía diferenciarse del original, que, como tantas otras hoy, quedan superadas, al menos en parte. Ya no se trata de evidenciar la diferencia, sino de integrarla.

Si nos atenemos a la intervención sobre la materialidad, siempre respetando su valor documental y significativo, hemos de partir de su realidad arquitectónica, de su análisis tipológico y de sus leyes internas. Se trata de dar una respuesta en que los criterios de semejanza y diferencia encuentren un punto de equilibrio; la diferenciación entre lo viejo y lo nuevo no debe ser ajeno al ritmo, dimensiones y tipología, por lo que se trata de buscar una coherencia entre ambos, "una recíproca correlación que unifique la entidad del conjunto".²

Esta propuesta se fundamenta en la analogía, basada en el reconocimiento de los aspectos arquitectónicos significativos del edificio, sobre el que se plantea intervenir, y las formas que se proponen en la intervención, en las que el lenguaje utilizado sea visiblemente interdependiente y evocador del original, pero quedando evidenciado "las nuevas estructuras lingüísticas que la intervención va a introducir".²

Esta propuesta analógica se presenta como alternativa a las corrientes teóricas y/o escuelas dogmáticas a las que, durante el siglo XX, se adscribían cuantos se acercaban a la restauración, de manera tal que les facilitase "unas normas con las que plantear sus intervenciones sin riesgos de error. Es decir, con la esperanza de disponer de unos «criterios» basados en unos principios inmutables, con validez permanente y universal, y por tanto no condicionadas por las circunstancias específicas de cada actuación"³.

La proliferación de teorías, Cartas internacionales, etc., han servido para poner en evidencia la no existencia de normas universalmente asumibles, de recetarios inmutables; pero, a la vez, han mantenido latente un debate teórico de como acometer las intervenciones sobre la arquitectura preexistente.

² Solá-Morales, Ignasi de. (1986). "La recerca històrica en el procés d'intervenció en els monuments". Barcelona. Servei de Catalogació i Conservació de Monuments. pp. 48-51. Retomado en PH, Boletín 37, "Del contraste a la analogía. Transformaciones en la concepción de la intervención arquitectónica". pp 53 a 57.

³ González Moreno-Navarro (1999). La restauración objetiva (Método SCCM de restauración monumental). Tomo 1. Diputació de Barcelona —Area de Cooperació- Servei del Patrimoni Arquitectònic Local. Barcelona. Exordio p.11.

“El camino de solución está hoy, a nuestro parecer, en favorecer los mecanismos de reflexión que permitan, desde cada mentalidad, cultura e idiosincrasia, analizar sin prejuicios la problemática propia y formular unos postulados generales respecto de cómo debe ser tratado el patrimonio en cada contexto y de cual pueda ser la respuesta más eficaz a aplicar en cada caso”³.

According to ISO 9000: 2005, "Management" is the set of coordinated activities to lead and control an organization. Undoubtedly, this organization, its structure, is adequate for each need, for each "project". Therefore, when the management affects our patrimonial architecture, the structure adopted cannot ignore the singularities of the good on which we act. Management should not be understood as an end in itself, but as a valid and effective tool to preserve our built heritage, in this case.

Según la Norma ISO 9000: 2005, "gestión" es el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización. Sin duda, esa organización, su estructura, es la adecuada para cada necesidad, para cada "proyecto". Por ello, cuando la gestión afecta a nuestra arquitectura patrimonial, la estructura que se adopte no puede ignorar las singularidades del bien sobre el que se va a actuar. La gestión no debe ser entendida como un fin en sí misma, sino como herramienta válida y eficaz para conservar nuestro patrimonio, en este caso, el construido.





Going on about urban planning principles

A vueltas con los principios urbanísticos

FRANCISCO DE BORJA CHÁVARRI CARO

Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid. Avenida de Juan de Herrera, 6. 28040 Madrid
franciscodeborja.chavarri@upm.es

MARÍA LUISA PERNAUTE GIL

Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid. Avenida de Juan de Herrera, 6. 28040 Madrid
marialuisa.pernaute@upm.es

- To call into question the anachronism of Spanish urban planning legislation.
- The necessity of the legislative change of urbanistic legislation subject.
- The surplus value should not be the center on which the urban activity revolves.
- The experiences of other countries in our environment can help us to find solutions for legislative change.

In 1956 is created in Spain an urban-legal framework in line with a developing country. Due to the socio-economic circumstances of the time, the historical legislator sought to break with the existing urban projects under the previous regulations, that resulted in building short-term interventions producing negative results by allowing certain populations to grow in an excessive way at the expense of rural land. But as the explanatory statement designates: "the benefit that can be obtained by transforming the rural land into solar is perfectly lawful, wherever the owner who has paid the urbanization determinant of that improvement and subsequent increase in value". In exchange for the distribution of capital gains generated by the transformation of the rustic soil into urban, individuals become responsible of urbanization costs, releasing to the public administrations of the great financial burden involved. In 1978 the Spanish Constitution in its article 47.2, welcomes this system allowing and promoting its development through regional legislation. This report raises the problem of a system that by relying on the surplus value of the land has resulted in the inevitable increase in value of it selves, and therefore, the generation of real estate crisis that make shake the general economic stability. Seventy years after its implementation, Spain is one of the most developed countries in the world, with a strong economy that allows the construction of a city through public resources. This article outlines a way of solution for the transformation of the legal framework, leaving for future research, more concrete and studied proposals.

Urban planning, Property, Constitution, Principles, Surplus value, Social function

- Poner en tela de juicio el anacronismo de la legislación urbanística española.
- Necesidad de cambio legislativo en materia de legislación urbanística.
- La plusvalía no debe ser el centro sobre el que gira la actividad urbanística.
- Las experiencias de otros países de nuestro entorno nos pueden servir para buscar soluciones de cambio legislativo.

En el año 1956 se crea en España un marco jurídico-urbanístico acorde con un país en vías de desarrollo. Dadas las circunstancias socio-económicas, el legislador histórico pretendió romper con las actuaciones urbanísticas existentes al amparo de la normativa anterior que dio lugar a intervenciones en materia de edificación a corto plazo, produciendo resultados negativos al permitirse que determinadas poblaciones crecieran de manera desmesurada a costa de suelos rústicos. Si bien y como la propia Exposición de Motivos señala: "el beneficio que puede obtenerse de transformar el terreno rústico en solar es perfectamente lícito, siempre que sea el propietario quien haya costado la urbanización determinante de aquella mejora y subsiguiente incremento de valor". A cambio del reparto de las plusvalías generadas por la transformación del suelo de rústico a urbano, los particulares se hacen cargo de los costes de urbanización, liberando a las administraciones públicas de la gran carga económica que ello supone. En 1978 la Constitución Española, en su artículo 47.2, acoge este sistema permitiendo e impulsando su desarrollo a través de la legislación autonómica. En este trabajo se plantea el problema de un sistema que al basarse en la plusvalía de los terrenos, tiene como consecuencia el inevitable aumento de valor de los mismos, y por ende, la generación de crisis inmobiliarias que hacen tambalear la estabilidad económica general. Setenta años después de su implantación, España es uno de los países más desarrollados de mundo, con una fuerte economía que permite realizar la construcción de ciudad a través de recursos públicos. En el presente artículo se esboza un camino de solución para la transformación del marco jurídico, dejando para futuras investigaciones, propuestas más concretas y estudiadas.

Urbanismo, Propiedad, Constitución, Principios, Plusvalía, Función social

1. SOBRE EL RÉGIMEN DE LA PROPIEDAD DEL SUELO EN EL MARCO JURÍDICO ESPAÑOL.

1.1. INTRODUCCIÓN.

El estudio del régimen jurídico de la propiedad es fundamental en el derecho urbanístico, de él se deducen cuestiones íntimamente vinculadas al planeamiento, a la gestión y a la ordenación urbanística en general. Para su

estudio se ha de partir del análisis del artículo 33 de la Constitución Española [6], donde se determina y define constitucionalmente la consagración de uno de los derechos más importantes, y cuyo desarrollo va mucho más allá de lo establecido en nuestro Código Civil [1]. Ahora bien, antes de estudiar y analizar el art 33 de la Constitución Española, debemos recordar que el artículo 348 del cc¹ dice que la propiedad es “el derecho de gozar y disponer de una cosa sin más limitaciones que las establecidas en las leyes”. Un sumando de facultades que se puede representar mediante la siguiente fórmula matemática:

$$\text{PROPIEDAD} = \text{FACULTAD USAR} + \text{FACULTAD DE DISFRUTAR} + \text{FACULTAD DE DISPONER}^2$$

Entendiéndose por propietario aquel sujeto que goza de las anteriores facultades sobre un determinado bien. [2]

Es la Revolución Francesa³, quien a través de la Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano [3], articula el concepto de propiedad como pilar principal para la eliminación del servilismo establecido en el antiguo régimen, toda vez que de esta manera se conseguía que, los ciudadanos fueran plenamente libres, teniendo la oportunidad de apropiarse de los medios de producción. No obstante, en el siglo XX queda completamente superado este concepto por la aparición del novedoso estado social [4], mediante el que se pretende un equilibrio entre la protección a los legítimos intereses particulares e intereses públicos⁴.

Es por ello que, la Constitución Española [6], en su art. 1 dice que, España se constituye en un Estado social y democrático de Derecho, valiéndose dentro de su articulado de principios

como el de función social para delimitar y llenar de contenido un derecho tan importante como el de propiedad y más tratándose de la propiedad del suelo. A través de las leyes que desarrollan la Constitución se perfilan los derechos y las obligaciones de los propietarios. Por eso, la forma de entender hoy día el derecho de propiedad del suelo [5], supone considerar la existencia de una disociación entre el derecho a edificar y la titularidad dominical, de tal forma que el ejercicio de este derecho (*ius aedificandi*) ya no deviene de la titularidad del suelo, sino como respuesta al cumplimiento del deber o función social a la que están llamados a dar cumplimiento los propietarios de dichos suelos en favor de la comunidad⁵.

1.2. LOS PRINCIPIOS URBANÍSTICOS Y LA CONSTITUCIÓN ESPAÑOLA

Las bases de nuestro sistema legal se encuentran en la norma suprema, esto es, en la Constitución Española [6], que recoge los principios aplicables a todas las materias de nuestro ordenamiento jurídico y por ende, las aplicables en materia de vivienda, urbanismo y ordenación del territorio. Estas reglas generales del juego se verán posteriormente desarrolladas por leyes estatales y autonómicas que tienen como función configurar el contenido de los derechos, en cada momento y en cada lugar determinado.

Así y siguiendo lo anteriormente dicho, el contenido urbanístico del derecho de propiedad viene mediatizado por la facultad de edificar que dimana del mismo. El *ius aedificandi*⁶, se logra a través del cumplimiento de la normativa urbanística, que de forma escalonada y piramidal va configurando lo que el propietario del suelo puede o no hacer con su propiedad en

¹ Código Civil RD 24 de julio de 1889. Edit. Departamento de Programación Editorial, Documentación e Información del Boletín Oficial del Estado. Madrid-2005. La define como “el derecho de gozar y disponer de una cosa sin más limitaciones que las establecidas en las leyes. El propietario tiene acción contra el tenedor y el poseedor de la cosa para reivindicarla”.

² Esta formulación se realiza a puros efectos didácticos, toda vez que, es sabido que las facultades del dominio no dejan de ser manifestaciones externas de un poder unitario, de un señorío global que es el derecho de propiedad. Ver M. Albadalejo, Compendio de Derecho Civil, decimotercera edición Edisofer. Madrid 2007. Pág. 359.

³ Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano de 1789 (Asamblea Nacional Constituyente Francesa 26 de agosto de 1789) (on line) disponible en www.noticierooficial.com/internacional/.../derechosdelhombreyciudadano. Artículo 16 – Por ser la propiedad un derecho inviolable y sagrado, nadie puede ser privado de ella, salvo cuando la necesidad pública, legalmente comprobada, lo exija de modo evidente, y con la condición de haya una justa y previa indemnización.

⁴ www2.vatican.va/content/john-xxiii/es/hf_j-xxiii_enc_15051961_mater.html Resulta muy interesante reproducir parte del texto de la carta encíclica Mater et Magistra, Carta encíclica del Santo Padre Juan XXIII de 15 de mayo de 1961 donde reivindica el principio de función social de la propiedad como base ideológica que mediatiza la utilización de los bienes terrenales por los hombres: “Pero nuestros predecesores han enseñado también de modo constante el principio de que al derecho de propiedad privada le es intrínsecamente inherente una función social. En realidad, dentro del plan de Dios Creador, todos los bienes de la tierra están destinados, en primer lugar, al decoroso sustento de todos los hombres, como sabiamente enseña nuestro predecesor de feliz memoria León XIII en la encíclica Rerum novarum: «Los que han recibido de Dios mayor abundancia de bienes, ya sean corporales o externos, ya internos y espirituales, los han recibido para que con ellos atiendan a su propia perfección y, al mismo tiempo, como ministros de la divina Providencia, al provecho de los demás. Por lo tanto, el que tenga aliento, cuide de no callar; el que abunde en bienes, cuide de no ser demasiado duro en el ejercicio de la misericordia; quien posee un oficio de qué vivir, afánese por compartir su uso y utilidad con el prójimo»”. [4]

⁵ Ya en el año 1880, G. de Azcárate en “Ensayo sobre la historia del derecho de propiedad y su estado actual en Europa”. Revista de legislación. Vol II Pagn^o 364 Madrid-1880 decía: La propiedad es la relación esencial, sustantiva y total; el derecho de propiedad es el conjunto de condiciones necesarias para que aquélla pueda realizarse y cumplirse; la primera es el fondo, el segundo la forma; aquella el todo, éste la parte. Sin embargo y en mi opinión, no cabe distinguir entre propiedad y derecho de propiedad. En este sentido, la propiedad como relación entre el hombre y las cosas, no es una relación que en sí misma y con independencia del Derecho tenga sustantividad, tal y como puede predicarse de otras relaciones humanas, tales como la paterno-filial, marital etc. No, la propiedad no es otra cosa que un derecho y su esencia o sustancia es el poder que se pueda ejercer en cada momento sobre el objeto que recae, ya sea este mueble o inmueble, material o inmaterial. En este sentido, creo que siempre ha existido una función social de la propiedad, porque el derecho de propiedad siempre ha tratado de buscar la armonía social, dentro de un determinado orden jurídico, acorde con la razón filosófica de cada época. [5]

⁶ El derecho a edificar.

en relación a los intereses generales, estando en el primer escalón normativo, los principios urbanísticos contenidos en la Constitución Española [6], que sirve de cimentación para la construcción del régimen urbanístico de la propiedad del suelo.

Los principios sobre los que se asienta la normativa urbanística española son los siguientes:

- a. *Función social de la propiedad del suelo.*
- b. *Devolución de las plusvalías a la sociedad.*
- c. *Justa equidistribución de beneficios y cargas.*
- d. *Conservación del patrimonio.*
- e. *Desarrollo sostenible respeto al medioambiente.*

Sin embargo, en el presente trabajo solo nos vamos a fijar en los tres primeros que son los que por ahora son objeto de nuestro estudio.

1.2.1. EL PRINCIPIO DE LA FUNCIÓN SOCIAL DE LA PROPIEDAD

El artículo 33 de la Constitución Española [6], establece que:

1. *Se reconoce el derecho a la propiedad privada y a la herencia.*
2. *La función social de estos derechos delimitará su contenido, de acuerdo con las leyes⁷.*

Podemos afirmar, por lo tanto, que dentro de nuestro sistema capitalista, los intereses generales matizan la exclusividad de las facultades del dominio. Y es que el principio de la función social supone un punto intermedio entre el capitalismo y el marxismo.

El capitalismo, basado en el liberalismo económico, y éste a su vez, en la doctrina del trabajo, defiende que la economía de mercado debe generar la máxima riqueza. Para esta corriente ideológica, la propiedad es la institución con la que se consigue la más eficaz utilización de los recursos [7], sustentando a su vez en este derecho la idea de libertad del individuo. La forma más expresiva de libertad es la propiedad completa y perpetua. El sujeto se hace libre

cuando excluye a otros de los objetos que desea, y hace que estos objetos sean propiedad exclusiva suya. Una persona sólo es persona en virtud de su propiedad⁸.

Frente a esta corriente surge un fuerte movimiento que propone la sustitución de la propiedad privada por la propiedad socializada [8]. Marx critica la fuerte explotación del rico sobre el pobre, del propietario sobre el asalariado, poniendo así, en el centro de todos los males, a la propiedad. Por ello, se propone la supresión de esta institución como medio para conseguir la igualdad real, la libertad, la fraternidad y el bienestar general⁹.

Así las cosas, la Constitución española se decanta por establecer una teoría ecléctica, entre la radicalidad de una y otra postura doctrinal, buscando el equilibrio entre legítimos intereses públicos y privados que a su vez, facultan al Estado a intervenir en el apoderamiento privado de bienes esenciales para el desarrollo social. Por ello, el principio de la función social de la propiedad, es la máxima expresión de dicha teoría como se puede observar en el artículo 47 de CE cuando dice:

«Todos los españoles tienen derecho a disfrutar de una vivienda digna y adecuada. Los poderes públicos promoverán las condiciones necesarias y establecerán las normas pertinentes para hacer efectivo este derecho, regulando la utilización del suelo de acuerdo con el interés general para impedir la especulación».

Se somete así la utilización por los propietarios del suelo al interés general, con la finalidad última de establecer las condiciones necesarias para que todos los ciudadanos españoles tengan acceso a una vivienda donde vivir dignamente.

Este sigue siendo en la actualidad el punto de partida de nuestro ordenamiento jurídico en materia de urbanismo, desde la primera ley del año 56. Muestra de ello es el hecho de que desde entonces -1956- todas las Exposiciones de Motivos [9], [10], [11] y [16], de las numerosas las las numerosas leyes del suelo¹⁰, por las que ha pasado el urbanismo español, tanto estatales como autonómicas, han tenido como objetivo teórico

⁷ Constitución Española de 1978. Publicada en el Boletín Oficial del Estado núm. 311, de 29 de diciembre de 1978. Edit. Departamento de Programación Editorial, Documentación e Información del Boletín Oficial del Estado. Madrid-2005.

⁸ A. Smith. Libro primero: "de las causas del progreso en la capacidad productiva del trabajo y de la forma en que su producto se distribuye naturalmente entre las distintas clases del pueblo". La riqueza de las naciones. W. Straran. Londres 9 de marzo de 1776. Título original: An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Ver Adam Smith, 1776 Traducción: Carlos Rodríguez Braun. Editor digital: Titivillus e Pub base r1.2. 9/02/2015.

⁹ Ver L.Orduña Díez, "la propiedad privada, el capitalismo y las teorías marxistas". Cuadernos de estudios empresariales nº 9. Edita: Universidad Complutense de Madrid. Pag 137-172. Año 1999.

¹⁰ Ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana de 12 de mayo de 1956. BOE nº 135 de 14 de mayo: *Se impone establecer el régimen adecuado frente a la especulación del suelo y la irregularidad en el proceso de urbanización que atribuya la carga de subvenir a ésta a quien recibe directamente sus beneficios.*
Ley 19/1975 de 2 de mayo de reforma de la Ley de régimen del suelo y ordenación urbana. BOE nº 107 de 5 de mayo de 1975. *La Ley del Suelo basó su política antispeculativa fundamentalmente en la capacidad de los patrimonios públicos de suelo para ser utilizados como reguladores del mercado y en la normativa sobre enajenación forzosa de solares sin edificar. La insuficiencia de estos instrumentos, tal como han sido concebidos, no ofrece lugar a dudas.*
Esa elevación excesiva de los precios del suelo ha tenido como gravísimas secuelas no sólo el encarecimiento de la vivienda en todas sus categorías y de los establecimientos industriales y de servicios, sino, además, la indebida apropiación por propietarios privados de una parte importante de las plusvalías derivadas del proceso de urbanización. (continúa en página siguiente)

luchar contra la especulación del suelo¹¹, a la vez que configurar el contenido de la propiedad para que no solo sirva a los intereses particulares, sino también a los intereses sociales.

1.2.2. EL PRINCIPIO DE DEVOLUCIÓN DE LAS PLUSVALÍAS A LA SOCIEDAD

A partir de la Ley del Suelo de 1956, se configura en España el urbanismo privado, [12], por mediación del reparto de las plusvalías entre los propietarios y la Administración¹². Es obvio que la posibilidad de utilizar el suelo para la construcción, genera plusvalías al dueño o propietario de los terrenos, y como a su vez, no cabe duda de que la sociedad en su conjunto es la que hace generar esa plusvalía a través de la necesidad social de vivienda, es por lo que, quienes deben asumir los costes de la urbanización y del suelo necesario para poder construir tales servicios, sean los propietarios beneficiarios de tal plusvalía, quienes devuelvan a la sociedad, como medio de pago, parte del incremento de valor por ella generado¹³ [13].

Estas ideas sobre la asunción de las cargas urbanizadoras por aquellos que se benefician del aprovechamiento resultante provienen del siglo XIX [14]; así por ejemplo, Ildefonso Cerdá Suñer¹⁴, autor del Plan de ensanche de Barcelona y el Plan de viabilidad urbana de Madrid, y con respecto a este tema decía que: [15] «un Ayuntamiento expropie los edificios, compre los solares que han de ocupar las calles, explane y afirme el terreno por donde ellos han de pasar y costee además la construcción de alcantarillas, la colocación de cañerías para la conducción de agua potable y de gas, ponga los faroles para el alumbrado y establezca además todo cuanto exija el servicio de la misma calle, dejando a los propietarios colindantes por

ambos lados el derecho a edificar cómo y cuándo les plazca y el de duplicar sus rentas, subiendo sin tasa ni medida los alquileres, explotando de esta manera los sacrificios hechos por la Administración, es, fuera de toda duda, lo más antinatural, lo más absurdo, lo más inicuo que darse puede»¹⁵.

Pero lo cierto es que hasta 1956 [16], no se materializa legislativamente un sistema que posibilite la acción privada del hecho urbanizador devolviendo parte de la plusvalía generada¹⁶.

Hoy en día, es la propia Constitución Española la que lo establece en su artículo 47.2: «La comunidad participará de las plusvalías que genera la acción urbanística de los entes públicos».

De aquí se deduce como ya se ha indicado en el epígrafe anterior, que la comunidad debe participar en las plusvalías generadas como consecuencia de la actividad urbanística y deben ser los poderes públicos quienes faciliten este derecho, de tal manera que su participación se hace depender del cumplimiento de una serie de deberes urbanísticos por parte de los propietarios [17]. Tales deberes se encuentran contenidos en el art 18 de la actual Ley del Suelo¹⁷:

- a. Entregar a la Administración competente el suelo reservado para viales, espacios libres, zonas verdes y restantes dotaciones públicas incluidas en la propia actuación o adscritas a ella para su obtención.(...).
- b. Entregar a la Administración competente, y con destino a patrimonio público de suelo, el suelo libre de cargas de urbanización correspondiente al porcentaje de la edificabilidad media ponderada de la actuación, o del ámbito superior de referencia en que ésta se incluya, que

(continuación página anterior 10) La escasa cuantía de las cargas exigidas por la legislación urbanística y la notoria insuficiencia de los correctivos fiscales han permitido la consolidación en manos privadas de importantes beneficios irrenunciablemente públicos.

Ley 8/1990 de 25 de julio sobre régimen urbanístico y valoraciones del suelo. BOE nº 179 27 de julio de 1990.

El fuerte incremento del precio del suelo, que excede de cualquier límite razonable en muchos lugares, y su repercusión en los precios finales de las viviendas y, en general, en los costes de implantación de actividades económicas, es hoy motivo de seria preocupación para los poderes públicos, que deben promover las condiciones necesarias para conseguir una utilización del suelo de acuerdo con el interés general e impedir la especulación.

Ley 8/2007 de 28 de mayo de suelo. BOE nº 128 de 29 de mayo de 2007.

El último Título de la Ley contiene diversas medidas de garantía del cumplimiento de la función social de la propiedad inmobiliaria. Son muchas y autorizadas las voces que, desde la sociedad, el sector, las Administraciones y la comunidad académica denuncian la existencia de prácticas de retención y gestión especulativas de suelos que obstruyen el cumplimiento de su función y, en particular, el acceso de los ciudadanos a la vivienda. Los avances en la capacidad de obrar de los diversos agentes por los que apuesta esta Ley (apertura de la iniciativa privada, mayor proporcionalidad en la participación de la Administración en las plusvalías) deben ir acompañados de la garantía de que esa capacidad se ejercerá efectivamente para cumplir con la función social de la propiedad y con el destino urbanístico del suelo que aquélla tiene por objeto, ya sea público o privado su titular.

- ¹¹ Wikipedia.<https://es.wikipedia.org/>. El término se suele aplicar a aquella inversión que no conlleva ninguna clase de compromiso con la gestión de los bienes en los que se invierte, y se limita al movimiento de capitales.
- ¹² JA. Ivars Bañuls. "El nuevo marco jurídico de la gestión urbanística en la Ley de Ordenación del territorio, urbanismo y paisaje de la Comunitat valenciana". Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. Nº307. Pág 119 julio-agosto 2016.
- ¹³ F.B.Chavarrí Caro "La burbuja inmobiliaria". BIA nº247. Págs. 99-114. Enero-Febrero 2007.
- ¹⁴ R. Parada. *Derecho Urbanístico*. pag 9-19. Marcial Pons. Madrid 1999.
- ¹⁵ Fruto de estas ideas dio lugar al Proyecto de Ley General para la Reforma, Saneamiento, Ensanche y otras mejoras en las poblaciones. M.Bassols Coma en Génesis y evolución del derecho urbanístico español Pág. nº194.Edit.: Montecorvo. Madrid, 1973.
- ¹⁶ Exposición de Motivos de la Ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana de 12 de mayo de 1956. BOE nº 135 de 14 de mayo: La regulación de los sistemas de ejecución de las obras, responde al principio de que, en todo caso, el propietario de los terrenos debe satisfacer los gastos de la urbanización, como compensación de terrenos en solares o en la mejora de sus condiciones de edificador. No cabe duda de que así quedarán solucionadas, en grado máximo, las actuales dificultades que se oponen a la obra urbanizadora.
- ¹⁷ RD legislativo 7/2015 de 30 de octubre por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana. BOE nº 261 de 31 de octubre de 2015.

fije la legislación reguladora de la ordenación territorial y urbanística.(...).

- c. Costear y, en su caso, ejecutar todas las obras de urbanización previstas en la actuación correspondiente, así como las infraestructuras de conexión con las redes generales de servicios y las de ampliación y reforzamiento de las existentes fuera de la actuación que ésta demande por su dimensión y características específicas, sin perjuicio del derecho a reintegrarse de los gastos de instalación de las redes de servicios con cargo a sus empresas prestadoras, en los términos que se estipulen en los convenios que al efecto se suscriban y que deberán ser aprobados por la Administración actuante. En defecto de acuerdo, dicha Administración decidirá lo procedente (...).

En conclusión se deduce que [18], los propietarios devuelven a la sociedad parte del beneficio obtenido por el cambio de uso del suelo de rústico a urbano, a través de costear el servicio público que supone construir todas las infraestructuras, equipamientos y servicios de la ciudad¹⁸.

1.2.3. PRINCIPIO DE LA JUSTA DISTRIBUCIÓN DE LOS BENEFICIOS Y CARGAS

Por otro lado y teniendo como punto de partida el principio constitucional de igualdad (artículo 14)¹⁹, la ley del suelo, establece el derecho que tiene los propietarios a «El derecho a participar en la ejecución de las actuaciones de nueva urbanización, en un régimen de equitativa distribución de beneficios y cargas entre todos los propietarios afectados en proporción a su aportación» (artículo 13.2.c).

Es el Tribunal Supremo quien impone a la legislación autonómica el desarrollo de este principio, a través de sistemas de gestión donde se garantice la igualdad en los beneficios dimanantes de la transformación en el uso del suelo [19]. De esta manera, se trata de impedir que por la simple discrecionalidad del planeamiento urbanístico no se beneficien a determinados propietarios en perjuicio de otros, sino que dentro de una misma área, y en función a lo que cada uno aporte, se tendrán los mismos derechos y las mismas obligaciones²⁰.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este marco jurídico ha favorecido que durante más de 50 años la construcción de viviendas haya sido junto al turismo el motor que ha movido la economía española, y todo ello por las siguientes razones que se van a exponer a continuación.

En primer lugar, la plusvalía generada, gasolina que mueve este motor, es inigualable por ningún otro negocio lícito. Según datos del Ministerio de Fomento [20], en el año 2015, el precio por m² de suelo urbano sin edificar, en poblaciones superiores a 25.000 habitantes, superaba los 300 euros²¹; mientras que según datos del Ministerio de Agricultura [21], el precio medio por hectárea en suelo rústico de labor de secano para ese mismo año fue de 6.448 euros²², o lo que es lo mismo 0.64 euros/m². Esto significa que por mucho que se repercutan costes de construcción de la urbanización, se cedan porcentajes de aprovechamientos y se cedan también superficies de suelo para redes (espacios destinados a servicios públicos, tales como dotacionales, infraestructuras o zonas verdes), lo cierto es que la comparativa de precios resulta de todo punto de vista desproporcionada.

En segundo lugar, la Administración se ve liberada del coste que supone la construcción y gestión del urbanismo con el ahorro correspondiente a las arcas públicas. Según datos de estudios económico-financieros realizados en diversas actuaciones urbanísticas [22], el coste medio de urbanización supone unos 70 euros/m² de superficie de parcela sin edificar²³. Tomando como ejemplo datos del catastro, en el año 2015 en Majadahonda (Madrid) había 3.900.000m² de superficie de parcelas sin edificar²⁴. Por lo que, solo en ese municipio, el coste de las obras de urbanización podría suponer un desembolso de unos 273 millones de euros aproximadamente [23].

Y por último, la Administración participa de la ganancia del negocio a través de la cesión obligatoria del tanto por ciento correspondiente del aprovechamiento urbanístico generado²⁵, convirtiéndose en el mayor promotor inmobiliario del país.

Cierto es que sin fines especulativos, porque el suelo

¹⁸ Zamorano Wisnes. "El suelo urbanizado y las operaciones de transformación urbanística en la legislación del suelo: evolución y régimen jurídico". Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. N°298. Pág. 47 y ss. Junio 2015.

¹⁹ Art 14 CE: «Los españoles son iguales ante la ley, sin que pueda prevalecer discriminación alguna por razón de nacimiento, raza, sexo, religión, opinión o cualquier otra condición o circunstancia personal o social». [6]

²⁰ STS (sala 3ª) de 6 de mayo 2011. Ponente: Teso Gamella. Fundamento Octavo. - Este principio de justa distribución es tributario del derecho constitucional a la igualdad del artículo 14 de la CE, en la medida en que ha de garantizarse que ninguno de los propietarios tenga un trato discriminatorio en el reparto de beneficios y cargas. Esta exigencia igualitaria se ha de proyectar, de modo horizontal, a las distintas fases de adopción de decisiones, desde el planeamiento a la gestión y a la ejecución.

²¹ <http://www.fomento.gob.es/BE2/?nivel=2&orden=36000000>.

²² <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas.../encuesta-precios-tierra/>

²³ Ver "estudio económico - financiero" corresponde al plan parcial Geneto 5 el gramal, perteneciente al Municipio de San Cristóbal de La Laguna, Tenerife disponible en: www.gerenciaurbanismo.com/gerencia/gerencia/published/.../node_2549.htm

²⁴ www.catastro.minhap.es/ixi/tabla.do

²⁵ Según la Ley del Suelo art 18.1.b: *Entregar a la Administración competente, y con destino a patrimonio público de suelo, el suelo libre de cargas de urbanización correspondiente al porcentaje de la edificabilidad media ponderada de la actuación, o del ámbito superior de referencia en que ésta se incluya, que fije la legislación reguladora de la ordenación territorial y urbanística. Con carácter general, el porcentaje a que se refiere el párrafo anterior no podrá ser inferior al 5 por ciento ni superior al 15 por ciento.* [17]

resultante de esta cesión de aprovechamiento tiene que ir destinada a patrimonio público de suelo, con el fin de interés público que ello supone²⁶.

Sin embargo, la crisis inmobiliaria que estamos sufriendo es la demostración palpable del fracaso del sistema [24], toda vez que la explosión de la burbuja se debe a la falta de interés por parte de las Administraciones Públicas de luchar contra la especulación²⁷. El sofisma de que la plusvalía beneficia a todos, queda absolutamente superado por la evidencia de las crisis sufridas como consecuencia de los desmesurados incrementos en los precios [25]. No obstante, y por ahora, no se encuentra una alternativa clara al problema²⁸.

Los fundamentos económicos anteriormente expuestos desenfocan el verdadero objetivo del urbanismo. No se trata de fomentar una actividad económica, de favorecer mediante una necesidad social un negocio destinado a promotores y empresas constructoras²⁹; lo que se trata es de solucionar con carácter prioritario los problemas de acceso a una vivienda que está encarecida y a la que determinadas personas con recursos económicos bajos encuentran muchos obstáculos para conseguirla; además se debe pretender un diseño de ciudad que contemple un crecimiento ordenado de las poblaciones [26].

Es ésta, la llamada función pública [27], que cumple la propiedad del suelo y son también las razones por las que la regulación de la propiedad del suelo se extrae del ámbito del Código civil, porque el objetivo último que se pretende alcanzar no es otro que buscar el interés general, debiendo la Administración intervenir directamente ejercitando las potestades exorbitantes de la que es titular, para así conseguir dichos objetivos³⁰.

Podemos entender que en un momento determinado de nuestra historia, se utilizase el plus valor generado por la recalificación de terrenos para hacer florecer la industria de la construcción, creando así puestos de trabajo y haciendo crecer la economía mediante la satisfacción de un servicio público de interés general a través de manos privadas. Pero

hoy en día, a nadie se le escapa que dicho sistema de reparto especulativo ha traído nefastas consecuencias con ocasión de la escalada producida en los precios del suelo, y por ende, de la vivienda. Es por ello, que hay que plantear alternativas a la forma de gestionar y ejecutar el planeamiento urbanístico.

Lo cierto es que el periplo normativo acaecido durante la segunda mitad del siglo XX y lo que llevamos del XXI, es incansable, ley tras ley se ha ido aprobando, siempre con los mismos objetivos en su espíritu, imposibles de cumplir en la realidad. Tal vez por el convencimiento de la ineficacia del aparato administrativo o por un puro afán mercantilista de una necesidad social, se facilita que una función pública se ejercite por los particulares. Pero el paso de los últimos años y la huella dejada por las últimas leyes, han permitido que nos demos cuenta de los problemas que este sistema acarrea [28], como sí se puede o no obligar a los propietarios a realizar una función pública³¹ de esa naturaleza; o sí por el contrario [29], se trata de una actividad empresarial desagregando el derecho de propiedad del suelo del derecho a transformar el mismo, creando así nuevas propiedades diferentes³²; o sí se tiene o no el derecho al valor expectante que otorga el planeamiento urbanístico³³. Todos estos asuntos desfiguran el contenido tradicional del derecho de propiedad, dibujando los derechos dominicales de los propietarios en función de las necesidades ocasionales de cada momento [30]. Debemos ser más ambiciosos, e intentar dar soluciones legislativas que perdure en el tiempo, sobre todo si estamos hablando de un derecho de tanta transcendencia e importancia como el de propiedad.

Al decir el artículo 47CE que la comunidad participará de las plusvalías que genera la acción urbanística de los entes públicos, está diciendo que la titularidad administrativa del aprovechamiento le pertenece en parte. Participar significa tomar parte de un todo, pero no apoderarse del todo, y ello nos posiciona otra vez en una teoría ecléctica, que elimina tanto la teoría civilista de la exclusión de las facultades dominicales a favor del propietario, como la teoría

²⁶ ART 52 .1 Ley del Suelo: *Los bienes y recursos que integran necesariamente los patrimonios públicos de suelo en virtud de lo dispuesto en el apartado 1 del artículo anterior, deberán ser destinados a la construcción de viviendas sujetas a algún régimen de protección pública, salvo lo dispuesto en el artículo 18.2 a). Podrán ser destinados también a otros usos de interés social, de acuerdo con lo que dispongan los instrumentos de ordenación urbanística, sólo cuando así lo prevea la legislación en la materia especificando los fines admisibles, que serán urbanísticos, de protección o mejora de espacios naturales o de los bienes inmuebles del patrimonio cultural, o de carácter socio-económico para atender las necesidades que requiera el carácter integrado de operaciones de regeneración urbana.* [17]

²⁷ Domenech Pascual. "Las plusvalías urbanísticas del el derecho español. Un sistema de incentivos perverso". Universidad de Valencia-2014.(on line). Disponible en: www.uv.es/gadapas/2014.

²⁸ Fco. J. Jiménez de Cisneros Cid. "Las consecuencias de la crisis en el urbanismo español: la necesidad de reconfigurar sus bases". Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. Nº310 .pag nº 29. Diciembre 2016.

²⁹ A.J. Sánchez Rodríguez, Antonio Jesús. "PROYECT FINANCE en financiación de infraestructuras mediante colaboración pública-privada". REDA Nº 165. . Edit. Civitas. julio-septiembre 2014.

³⁰ J.A. Carrillo Donaire ; M.Novo Funcuberta. "Expropiación Forzosa". REDA Nº 178. edt Civitas. julio 2016.

³¹ L. Parejo Alfonso "Suelo y urbanismo: el nuevo sistema legal". Madrid Tecnos 1991. L. Parejo Alfonso "Reivindicación del urbanismo. Liberalización del suelo al servicio del interés general". Madrid Instituto Pascual Madoz. 1997.

³² Javier García-Bellido "La liberalización efectiva del mercado del suelo. Escisión del derecho de propiedad inmobiliaria en una sociedad avanzada". Ciudad y Territorio. Estudios territoriales. Nº 95-96. 1993.

³³ F. López Ramón "introducción al derecho urbanístico" (segunda edición). Marcial Pons. Madrid 2007.

puramente administrativista, de la titularidad pública del aprovechamiento en razón al interés general que supone su causa. A partir de aquí:

En primer lugar, la legislación estatal del suelo debe garantizar y lo hace, la igualdad de todos los españoles en los aspectos más importantes del derecho de propiedad, estableciendo los mismos derechos y obligaciones en todo el territorio nacional, a través de la creación de las situaciones básicas de suelo y del régimen de valoraciones, otorgando diferentes derechos y valores, en función de las circunstancias de transformación urbanística en que se encuentren los terrenos³⁴.

Y en segundo lugar, las Comunidades Autónomas, por encargo de la Constitución, deben legislar sobre la materia relacionada con la ordenación del territorio, el urbanismo y la vivienda, para que adecuen a la peculiaridad de su territorio el desarrollo urbano a través del planeamiento y ejecución del mismo por sistemas de gestión públicos y privados³⁵.

Pero esta estructura perfectamente equilibrada y medida, no ha dado el resultado deseado [31]. Las legislaciones de las Comunidades Autónomas han permitido que los municipios desarrollen un urbanismo caciquil, basado en muchos casos, en pequeños intereses individuales sometidos a ambiciones pueriles que nada tienen que ver con el desarrollo ordenado de los territorios, y ello se debe en parte a la gestión privada del hecho público, a permitir que los interesados gestionen con su capital la construcción de la ciudad a cambio del apoderamiento de parte de la plusvalía³⁶ [32].

En definitiva [33], la normativa actual ha permitido que exista un claro conflicto de intereses entre el instinto natural al enriquecimiento individual, y el desarrollo de una función pública y por tanto de interés general³⁷.

3. REFLEXIÓN A UN PROBLEMA INCONCLUSO

La situación real ante la que nos encontramos es la de un país desarrollado, donde la Administración es perfectamente

capaz de afrontar cualquier servicio público de interés general, sin necesidad de acudir a fórmulas imaginativas que tengan por objetivo liberar al Estado de cargas inasumibles. El sistema de la gestión privada del urbanismo, se estructura en los años 50 como una solución imaginativa a un país en vías de desarrollo y cuyo balance se puede decir con acierto que ha resultado positivo desde el punto de vista económico, sin embargo, hay que pensar que se trata de un sistema agotado incapacitado para dar una respuesta adaptada a los tiempos.

La participación de los particulares en la labor urbanizadora siempre ha sido una desnaturalización de un quehacer puramente administrativo. Y, por el contrario, el apoderamiento administrativo de parte del valor de la propiedad, como compensación de la plusvalía generada por la necesidad de construcción, siempre ha levantado ampollas en la concepción más capitalista de nuestra sociedad.

Por lo tanto somos de la opinión de que a cada cual hay que darle lo suyo. Y esto quiere decir, que la Administración no debe cargar a los particulares con deberes de construcción de la ciudad, y que, sí los particulares quisieran aprovecharse de las infraestructuras, equipamientos y servicios públicos, en su propio beneficio, los tendrían que pagar. Por ello, debemos pensar en una solución al estilo francés [34], pero con ciertas matizaciones importantes³⁸. La ejecución urbanística en Francia [35] se realiza a través de la expropiación de los terrenos necesarios para la construcción de las redes que equipan la ciudad³⁹, permitiendo a los propietarios del suelo edificar mediante la compra del aprovechamiento resultante por el cambio de uso realizado por el planeamiento^{40 41}. Este sistema puede resultar muy interesante [36] y [37], teniendo la gran suerte de analizar un sistema normativo sobradamente probado, y adaptar a nuestra forma de hacer ciudad lo que verdaderamente se adapte a nuestras circunstancias^{42 43} [38], [39], [40], [41] y [42].

Se deja así planteado el problema y abierta una vía de estudio para futuros trabajos.

³⁴ Ver RD legislativo 7/2015. Capítulo III del Título I. [17]

³⁵ Ver Constitución Española art 148.3. [6]

³⁶ Ver JM Alegre Ávila. "El Estado territorial y el título VIII de la Constitución: unas pinceladas a contracorriente. REDA Nº172. Edit. Civitas. julio-septiembre 2015.

³⁷ Ver Tesis Doctoral de J. Olmedo Álvarez "La iniciativa empresarial en la ejecución del planeamiento urbanístico. Un estudio sobre la figura del agente urbanizador en el derecho autonómico español.", leída en el Departamento de Ciencias jurídicas de la Universidad de Castilla-La Mancha curso 2003-2004.

³⁸ H. Capel, "Urbanismo, política y economía. Una perspectiva comparada hispano-francesa". Scripta Vetera. Edición Electrónica de Trabajos Publicados sobre Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona, nº 157. Barcelona- 2010 (on line) Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-893>. J. Morand-Deviller "actualidad del derecho urbanístico en Francia: las finalidades medioambientales y sociales" Revista catalana de derecho público, nº. 38, 2009.

³⁹ A. J. Criado. XIII curso de urbanismo organizado por la Fundación Formación y Desarrollo en Junio de 2014: "La ejecución del planeamiento es responsabilidad es la administración aunque existen tres formas de gestión: a) Gestión directa expropiatoria b) Gestión indirecta expropiatoria a un ente público o sociedad mixta (pública y privada), formula, en cualquiera de sus modalidades, la más frecuente c) Gestión indirecta expropiatoria por concurso a una urbanizadora, con posibilidad de participación de los propietarios constituidos en una Association Foncière Urbaine (AFU). Los suelos dotacionales se obtienen normalmente mediante expropiación".

⁴⁰ J. C Tejedor Bielsa "Propiedad, equidistribución y urbanismo. Hacia un nuevo modelo urbanístico". Pamplona, Aranzadi, 1998.

⁴¹ Marta Lora-Tamayo Vallvé "Urbanismo de obra pública y derecho a urbanizar". Marcial Pons. Madrid 2002.

⁴² L. Parejo Alfonso. "Derecho urbanístico francés" (Parte 1). Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. Nº301. Noviembre 2015. Pág. 17 y ss.

⁴³ L. Parejo Alfonso. "Derecho urbanístico francés" (Parte 2). Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. Nº302. Diciembre 2015. Pág. 17 y ss.

4. REFERENCIAS

- [1] Código Civil RD 24 de julio de 1889.
- [2] M. Albadalejo, "Compendio de Derecho Civil". Decimotercera edición. Edisofer. Madrid 2007.
- [3] Declaración de los Derechos del Hombre y del Ciudadano de 1789 (Asamblea Nacional Constituyente Francesa 26 de agosto de 1789). (online). Disponible en: <http://www.noticierooficial.com/internacional/.../derechosdelhombreyciudadano>.
- [4] Encíclica Mater et Magistra. Disponible en: http://www2.vatican.va/content/john-xxiii/es./hf_j-xxiii_enc_15051961_mater.html
- [5] G. de Azcarate, "Ensayo sobre la historia del derecho de propiedad y su estado actual en Europa". Revista de legislación. Vol. 2 pag 364. Madrid 1880.
- [6] Constitución Española de 1978.
- [7] A. Smith, Libro primero: "An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations". Traducción: Carlos Rodríguez Braun. W.Straran. Londres 9 de marzo de 1776. Editor digital: Titivillus e Pub base r1.2. Disponible en: <http://ceiphistorica.com/wp-content/uploads/2016/04/Smith-Adam-La-Riqueza-de-las-Naciones>.
- [8] L. Orduña Diez, "La propiedad privada, el capitalismo y las teorías marxistas". Cuadernos de estudios empresariales nº 9. Año 1999.
- [9] Ley 19/1975 de 2 de mayo de reforma de la Ley de régimen del suelo y ordenación urbana. BOE nº 107 de 5 de mayo de 1975.
- [10] Ley 8/1990 de 25 de julio sobre régimen urbanístico y valoraciones del suelo. BOE nº 179 27 de julio de 1990.
- [11] Ley 8/2007 de 28 de mayo de suelo. BOE nº 128 de 29 de mayo de 2007.
- [12] J.A. Ivars Bañuls, "El nuevo marco jurídico de la gestión urbanística en la Ley de Ordenación del territorio, urbanismo y paisaje de la Comunitat valenciana". Revista de Derecho Urbanístico y Medio Ambiente. Nº307. Julio-agosto 2016.
- [13] Fco. B. Chávarri Caro, "La burbuja inmobiliaria". BIA nº247. Enero-febrero 2007.
- [14] R. Parada, "Derecho Urbanístico". Marcial Pons. Madrid 1999.
- [15] Bassols Coma, Martín, "Génesis y evolución del derecho urbanístico español". Pag nº 194. Edit. Montecorvo. Madrid, 1973.
- [16] Ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana de 12 de mayo de 1956. BOE nº 135 de 14 de mayo.
- [17] RD legislativo 7/2015 de 30 de octubre por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana. BOE nº 261 de 31 de octubre de 2015.
- [18] J. Zamorano Wisnes, "El suelo urbanizado y las operaciones de transformación urbanística en la legislación del suelo: evolución y régimen jurídico". Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. Nº298. Junio 2015.
- [19] STS (sala 3ª) de 6 de mayo 2011. Ponente: Teso Gamella.
- [20] Estudio estadístico sobre el precio del suelo sin edificar. 2015. Ministerio de Fomento. <http://www.fomento.gob.es/BE2/?nivel=2&orden=36000000>
- [21] Estudio estadístico sobre el precio del suelo rústico en España. 2015. <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas.../encuesta-precios-tierra/>. Ministerio de Agricultura.
- [22] Plan Parcial Geneto 5. El Gramal. San Cristóbal de La Laguna, Tenerife. http://www.gerenciurbanismo.com/gerencia/gerencia/published/.../node_2549.
- [23] Estudio sobre costes de urbanización en la ciudad de Majadahonda (Madrid) año 2015. Ministerio de Hacienda. www.catastro.minhap.es/jaxi/tabla.do
- [24] G. Domenech Pascual, "Las plusvalías urbanísticas del el derecho español. Un sistema de incentivos perverso". Universidad de Valencia-2014. Disponible en: www.uv.es/gadopas/2014.plusvalias.urbanisticas.
- [25] F.J. Jiménez de Cisneros Cid, "Las consecuencias de la crisis en el urbanismo español: la necesidad de reconfigurar sus bases". Revista de Derecho Urbanístico y Medio Ambiente. Nº 310. Diciembre 2016.
- [26] A.J. Sánchez Rodríguez, "Proyect finance en financiación de infraestructuras mediante colaboración pública-privada". REDA Nº 165. Julio-septiembre 2014. Edit. Civitas.
- [27] C. Donaire, J. A. y M. Novo Funcuberta, "Expropiación Forzosa". REDA Nº 178. Edit. Civitas Julio 2016.
- [28] L. Parejo Alfonso, "Suelo y urbanismo: el nuevo sistema legal". Madrid Tecnos 1991.
- [29] J. García-Bellido, "La liberalización efectiva del mercado del suelo. Escisión del derecho de propiedad inmobiliaria en una sociedad avanzada". Ciudad y Territorio. Estudios territoriales. Nº 95-96. 1993.
- [30] F. López Ramón, "Introducción al derecho urbanístico". Marcial Pons Segunda edición. Madrid 2007.
- [31] A. Ávila, J. Manuel. "El Estado territorial y el título VIII de la Constitución: unas pinceladas a contracorriente". REDA, nº 72. Edit. Civitas. Julio - septiembre 2015.
- [32] T. Quintana López, "Claves normativas para el cambio de modelo urbanístico en Castilla y León". Revista de Derecho Urbanístico y Medio Ambiente. Nº303. Enero-febrero 2016.
- [33] J. Olmedo Álvarez, "La iniciativa empresarial en la ejecución del planeamiento urbanístico. Un estudio sobre la figura del agente urbanizador en el derecho autonómico español.". Tesis doctoral. 2004.
- [34] C. Horacio, "Urbanismo, política y economía. Una perspectiva comparada hispano-francesa". Scripta Vetera. Edición Electrónica de Trabajos Publicados sobre Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona, nº 157. Barcelona- 2010. Disponible en: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-893>.
- [35] J. Criado Alejandro, "XIII curso de urbanismo organizado por la Fundación Formación y Desarrollo en Junio de 2014". Disponible en:<http://cursourbanismo.es/lineas-basicas-del-derecho-urbanistico-en-francia>.
- [36] J.C. Tejedor Bielsa, "Propiedad, equidistribución y urbanismo. Hacia un nuevo modelo urbanístico". Pamplona, Aranzadi, 1998.
- [37] M. Lora-Tamayo Vallve, "Urbanismo de obra pública y derecho a urbanizar". Marcial Pons. Madrid 2002.
- [38] L. Parejo Alfonso, Derecho urbanístico francés (Parte 1). Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. Nº301. Pág. 17 y ss. Noviembre 2015.
- [39] J. Morand-Deviller, "Actualidad del derecho urbanístico en Francia. Las finalidades medioambientales y sociales". Revista catalana de derecho público, nº. 38, 2009.
- [40] L. Parejo Alfonso, "La ordenación territorial y urbanística en los EE.UU (Parte 1)". Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. Nº291. Pág. 13 y ss. Julio-agosto 2014.
- [41] L. Parejo Alfonso, Derecho urbanístico francés (Parte 2). Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. Nº302. Pág. 17 y ss. Diciembre 2015.
- [42] L. Parejo Alfonso, "La ordenación territorial y urbanística en los EE.UU (Parte 2)". Revista de Derecho urbanístico y Medio Ambiente. Nº292. Pág. 13 y ss. Septiembre-octubre 2014.

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.



Reverse logistics applied to building companies. Demolition stage

Logística inversa aplicada a las empresas de edificación. Fase demolición

MERCEDES DEL RÍO MERINO

Universidad Politécnica de Madrid, Construcciones Arquitectónicas y su Control, Grupo TEMA, Avda. Juan de Herrera, 6 28040 Madrid. e-mail: mercedes.delrio@upm.es

PAOLA VILLORIA SÁEZ

Universidad Politécnica de Madrid, Construcciones Arquitectónicas y su Control, Grupo TEMA, Avda. Juan de Herrera, 6 28040 Madrid.

FERNANDO TORRIJOS ANELO

ARYS Diseño y Construcción, Av. de España, 23, 28100 Alcobendas, Madrid.

- ◊ Reverse logistics can be applied to the building sector and obtain significant benefits.
- ◊ The production of materials and demolition of a building are the stages that can mostly benefit from the Reverse Logistics system.
- ◊ The Management System proposed establishes control, preventive and corrective measures on the keys processes.

The building activity entails a series of environmental impacts that negatively affect the environment if they are not managed effectively. This negative impact is mainly caused because this activity consumes a large amount of natural resources and energy, modifies the land and soil, and a huge amount of waste throughout the building life cycle. In this sense, it is necessary to implement new management processes to reduce the environmental impact. Reverse logistics is a methodology widely implemented in other industrial sectors and has obtained interesting results in terms of improving waste reduction and resource consumption. In this article, some of the results obtained in a research project aiming to develop a new management system for the demolition stage of a building, which incorporate good practices used in other industrial sectors implementing reverse logistics in their processes. In order to obtain this objective, a bibliographical and documentary review on good practices of reverse logistics applied to the industry was developed, selecting the most suitable ones for the construction sector. Moreover, a series of processes are proposed to incorporate in a Quality Management System of a construction company.

Reverse Logistics; Construction and Demolition Waste; Management; Quality Management Systems appraisal

- ◊ La cultura de la logística inversa puede aplicarse al sector de la edificación y obtener de ella importantes beneficios.
- ◊ Las fases de obtención y producción de materiales y la de derribos son las que más pueden beneficiarse del sistema de Logística Inversa.
- ◊ El Sistema de Gestión planteado establece medidas de control, preventivas y correctoras sobre los aspectos que se han definido como claves.

La actividad edificatoria conlleva una serie de repercusiones medioambientales que afectan de forma negativa si no se gestionan de una forma eficaz. Esto es así porque en gran parte de dicha actividad se utilizan una gran cantidad de recursos naturales, se modifican los terrenos para la construcción de edificios, se genera un elevado consumo de energía y se deposita una ingente cantidad de residuos durante todo el ciclo de vida de los edificios. En este sentido, es necesario implementar nuevos procesos de gestión que reduzcan dicho impacto medioambiental. La logística inversa es una metodología ampliamente utilizada por otros sectores industriales habiendo obtenido resultados interesantes en cuanto a la mejora de la reducción de residuos y consumo de recursos. En este artículo, se resumen algunos de los resultados obtenidos en un proyecto de investigación cuyo objetivo es desarrollar un nuevo sistema de gestión para la fase de demolición del edificio, que reúne buenas prácticas utilizadas en otros sectores industriales que incorporan la logística inversa en sus procesos, para conseguir reducir el impacto medioambiental del sector. Para conseguir el objetivo se realizó una búsqueda bibliográfica y documental sobre buenas prácticas de logística inversa aplicadas a la industria seleccionando las más adecuadas para la edificación, así como se propusieron una serie de procesos para incorporar en un Sistema de Gestión de la Calidad tipo de una empresa de construcción.

Logística inversa; Residuos de construcción y demolición; Gestión; Sistema de gestión de calidad

1. INTRODUCCIÓN

La logística puede definirse según el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), una de las

organizaciones del mundo más especializadas e influyentes en el tema de logística, como "parte de la gestión de la cadena de suministro, que planifica, implementa y controla el flujo directo e inverso y el almacenaje efectivo y eficiente de bienes y

servicios, con toda la información relacionada desde el punto de vista de origen al punto de vista de consumo, para poder cumplir con los requerimientos de los clientes” [1].

En esta definición quedaría incluida la logística directa

(figura 1) como “el conjunto de procesos interrelacionados que van desde la búsqueda de proveedores para la obtención de materias primas hasta el consumo final del producto, pasando por la fabricación y distribución del mismo, de una forma eficiente y lo más económica posible” [2].



Figura 1: Esquema de la logística directa.

Sin embargo, en la actualidad, la creciente preocupación social por la naturaleza y el medio ambiente, el aumento de la presión legislativa, la publicidad negativa hacia las empresas que desarrollan actividades poco respetuosas con el medio y la necesidad de reducir el despilfarro de recursos, residuos y emisiones de dichas actividades, han generado que las empresas busquen nuevos sistemas de gestión medioambiental que sean capaces de reducir los impactos negativos.

En la búsqueda de estos nuevos sistemas de gestión medioambiental aparece el concepto de Logística Inversa. La Logística Inversa se define como el “proceso por el cual se planean, se ejecutan y se controlan los flujos de productos, bienes, información, dinero, etc. mediante la identificación y el diseño de procesos eficientes que permitan su reuso, recuperación, reciclaje o eliminación, con el fin de minimizar los impactos ambientales y maximizar los beneficios económicos de la empresa” [3].

La implantación de sistemas de gestión que consideran criterios de logística inversa originan beneficios en tres líneas; la medioambiental, la económica y la social, cuyo conjunto representa la sostenibilidad.

El desarrollo sostenible ha ido adquiriendo relevancia a nivel mundial en todos los sectores industriales y en el caso concreto de la edificación ha generado una nueva forma de construir que denominamos construcción sostenible. Considerada como aquella que con especial respeto y compromiso con el medio ambiente, que implica el uso sostenible de los recursos, prestando especial atención al impacto que ocasiona la aplicación de los materiales de construcción y buscando la minimización del consumo de energía en la utilización de los edificios durante su vida útil [4].

Si bien es cierto que a día de hoy las bases de la construcción sostenible son la eficiencia energética y el uso de energías renovables, cabe destacar que dichas bases no tienen influencia en todas las fases del ciclo de vida del edificio, y las soluciones para una construcción totalmente sostenible pasan por dar respuesta a todas las fases, hecho que si considera la logística inversa.

Numerosos autores coinciden al definir la logística inversa en ser un proceso de movimiento de bienes desde su destino final hasta su destino inicial, con el propósito de recuperar el valor de estos bienes o asegurar su correcta eliminación (figura 2) [5-11].



Figura 2: Esquema de la logística inversa.

De esta forma, lo que hace diferente a la logística inversa de la logística directa es la recuperación y el reciclaje de los productos, lo cual supone una importante revolución con una enorme proyección de crecimiento a nivel mundial.

Los primeros trabajos sobre la recuperación de productos fuera de uso en el ámbito de la empresa, datan de la década de los años 90, aunque ya en los años 70 se publican algunos trabajos en los que se analizaba el problema de la distribución en la industria del reciclaje. Por ejemplo, Guiltinan

y Nwokoye (1975) [12] y Ginter y Starling (1978) [13] estudian la estructura de los canales de distribución para el reciclaje. En estos primeros trabajos se hace referencia explícita a algunos de los aspectos que caracterizan las redes de distribución inversa como, por ejemplo:

- ♦ La existencia de muchos orígenes (consumidores) y pocos destinos (recuperadores) en la red de distribución.
- ♦ La importancia que tienen las actividades de clasificación de los bienes recuperados.

Ginter y Starling (1978) ya señalaban como motivo principal del desarrollo de canales de distribución inversa, la existencia de una legislación medioambiental que condiciona o influye en el esquema operativo tradicional de las empresas.

Sin embargo, no es hasta los años 90 cuando se comienza a estudiar con mayor profundidad la gestión de los productos fuera de uso. En esta década se realizan una serie de trabajos en los que se aborda la problemática de la escasez de recursos y materias primas, así como las oportunidades que la recuperación y reutilización de productos usados representan para la empresa y para la sociedad.

Uno de los primeros trabajos es el de Stock (1992) [14] en el que se analizan, entre otras cuestiones, los procesos logísticos relacionados con el retorno de productos desde el consumidor al productor, el reciclaje, la reutilización de materiales y componentes, la eliminación de residuos y las operaciones de restauración, reparación y re-fabricación.

Más adelante recupera el tema de la Logística Inversa en lo que pretende ser un Libro Blanco sobre esta materia. Este autor analiza el papel que desempeña la logística en aspectos tales como la devolución de productos, reducción en la generación de residuos, reciclaje, reparación y re-fabricación, desarrollando para ello modelos de gestión que combinan las técnicas de ingeniería logística y los modelos de decisión empresarial con objeto de rentabilizar el flujo de retorno de los productos fuera de uso.

Pero el desarrollo de la Logística Inversa empieza a ser una realidad con los trabajos de Thierry (1995) [15]; Fleischmann et al. (2000) [16] o a través de publicaciones científicas más recientes que permiten la apertura de nuevas líneas de investigación o la constitución de grupos de investigación específicos sobre esta materia como por ejemplo el grupo REVLOG o RELOOP [17, 18].

1.1. LOGÍSTICA EN EDIFICACIÓN

En el sector de la edificación, se define la logística como la “planificación, coordinación y supervisión de flujo de materiales dentro de la obra” [19].

Cierto es, que de forma general, dicho flujo de materiales dentro de la obra siempre se ha asimilado a un flujo lineal y hacia adelante, es decir, siguiendo una cadena de logística directa. Hasta hace poco tiempo, todos los materiales que comprendían el edificio acababan en un vertedero una vez que el edificio ya no era capaz de cumplir los requisitos y funciones para los que fue construido.

Sin embargo, en la última década, la aparición del RD 105/2008 [20] por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición y la necesidad de las empresas constructoras y de demolición de reducir los recursos y residuos generados en la producción de sus actividades ha determinado que se empiece a introducir la logística inversa en el sector, consiguiendo que el flujo ideal de los materiales de edificación sea aquel que se ejecute como un mecanismo natural, utilizando los recursos de manera eficiente sin generar residuos.

Es decir, una cadena de suministros de bucle cerrado, en la cual, la vida de los materiales se extendería más allá de la vida útil de los edificios ya que podrían volver a utilizarse en otros edificios o mercados secundarios.

En este sentido, se establecen una serie de redes para prolongar la vida de los materiales como (figura 3):

- ◆ Redes para el reciclaje: red de estructura simple que se caracteriza por requerir una alta cantidad de productos recuperados, pero de poco valor unitario. Los productos pasan de la fase de consumo a la de materias primas.

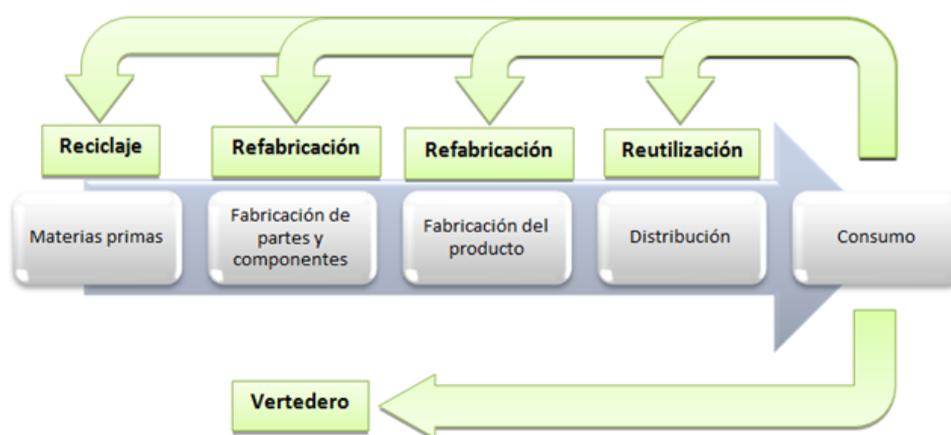


Figura 3: Redes de logística inversa.

- ◆ Redes de re-fabricación: red utilizada para recuperar partes o componentes de los productos con un alto valor añadido. Los productos pasan de la fase de consumo a la de fabricación.
- ◆ Redes de reutilización: red de circulación simultánea de productos originales y reutilizados, en la cual, el coste de

transporte es el más significativo. Los productos pasan de la fase de consumo a la de distribución.

Por tanto, la logística inversa en el sector de la edificación podría definirse como el proceso que permite gestionar los residuos generados en el edificio a lo largo de todo su ciclo de vida, de manera que se asegure la recuperación del

máximo valor de los mismos, garantizando una reducción del impacto ambiental.

En cuanto a los trabajos y estudios de investigación realizados en torno a la logística inversa en sectores como el de la construcción y más concretamente en el de la edificación, son pocos y tocan el tema tangencialmente, centrandolo la mayoría de estudios en la gestión de los residuos de construcción y demolición, como los trabajos de Arenas Cabello (2007) [4], Villoría Sáez (2014) [21] y Salazar Rodríguez (2014) [22] o los informes técnicos elaborados por n'UNDO [23].

Sin embargo, en los últimos años se ha incorporado al sector de la Edificación una nueva metodología para la gestión de proyectos, el *Lean Construction* [24]. Esta nueva metodología está relacionada en parte con la logística inversa pues comparte alguno de sus objetivos como minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final. El fundamento de Lean es mejorar la rentabilidad a través de eliminar los desperdicios, es decir todo aquello que no agrega valor al producto final. Y es en este aspecto, el de la gestión eficiente de los recursos materiales donde se vincularía con los procesos de logística inversa en un sentido más amplio.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

En este artículo, se resumen algunos de los resultados generados en un proyecto de investigación cuyo objetivo es desarrollar procesos para un sistema de gestión tipo para la fase final de la edificación, esto es la demolición del edificio, que incorpore algunas de las buenas prácticas utilizadas en otros sectores industriales que implementan la logística inversa

en sus procesos y de esta manera conseguir reducir el impacto medioambiental del sector.

Para conseguir el objetivo se realizó una búsqueda bibliográfica y documental sobre buenas prácticas de logística inversa aplicadas a la industria seleccionando las más adecuadas para la edificación (Fase I), así como se propusieron una serie de procesos para incorporar en un Sistema de Gestión de la Calidad tipo según la metodología utilizada por Villoría Sáez (2014) en su tesis doctoral (Fase II) [21].

Para la primera Fase, se han extraído una serie de buenas prácticas que ya están implementadas en otros sectores industriales, que a día de hoy no se entenderían sin el uso de técnicas de Logística Inversa, tales como el automovilístico, electrodoméstico, equipos médicos, textil, comercio electrónico y sector editorial [22, 25-29].

Para la segunda Fase, se diseñan procesos para la última fase del ciclo de vida, la demolición. Se escoge esta fase por ser una de las que más residuos genera (38,40%) junto con la de obtención de materias primas (figura 4).

El ciclo de vida de un edificio consiste en una serie de fases de largo recorrido que van desde la obtención de materias primas hasta la demolición final, pasando por la fabricación de materiales y componentes, la ejecución, el uso, el mantenimiento y las reparaciones, y en todas estas fases pueden aplicarse algunas de las buenas prácticas consideradas en la fase anterior, ya que en todas ellas existen materiales o se generan residuos que podrían ser devueltos a la cadena del ciclo de vida para un nuevo uso.

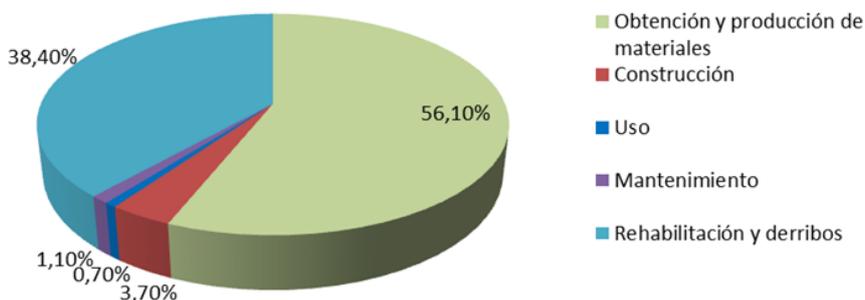


Figura 4: Residuos generados a lo largo del ciclo de vida de los edificios [30].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 FASE I: BUENAS PRÁCTICAS DE LOGÍSTICA INVERSA IMPLEMENTADAS EN OTROS SECTORES PARA SU POSIBLE ADECUACIÓN AL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN

Se ha llevado a cabo un profundo estudio sobre las buenas prácticas (BP) que se llevan a cabo en cuanto a obtención, fabricación, consumo, suministro, almacenamiento, transformación y eliminación de materiales o productos, seleccionando las que se relacionan a continuación por su posible adecuación en el sector de la edificación:

- ◆ BP 1. Uso de materias primas poco contaminantes.
- ◆ BP 2. Uso de tecnologías amigables al medio ambiente.

- ◆ BP 3. Utilización de materiales prefabricados.
- ◆ BP 4. Reducción del consumo de productos de usar y tirar.
- ◆ BP 5. Uso de útiles más duraderos y de menor consumo.
- ◆ BP 6. Uso de equipos energéticamente eficientes.
- ◆ BP 7. No generación de residuos.
- ◆ BP 8. Optimización de residuos no peligrosos reciclables.
- ◆ BP 9. Suministro de los materiales en envases retornables.
- ◆ BP 10. Adopción de las infraestructuras para una correcta segregación en origen de los residuos.
- ◆ BP 11. Disposición de contenedores adecuados para cada residuo.

- ◆ BP 12. Uso de envases reutilizables.
- ◆ BP 13. Retorno de productos por rechazo.
- ◆ BP 14. Retorno de productos por excedencia.
- ◆ BP 15. Uso de energías renovables.
- ◆ BP 16. Eliminación de piezas de forma segregada.
- ◆ BP 17. Extracción de sustancias y componentes peligrosos.

- ◆ BP 18. Reutilización de materiales.
- ◆ BP 19. Reacondicionamiento del producto.
- ◆ BP 20. Minimización del empleo de métodos que limiten las posibilidades de reutilización.

La tabla 1, muestra cuales son las buenas prácticas que se están llevando a cabo en cada uno de los sectores enumerados.

SECTORES	BUENAS PRÁCTICAS																			
	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	BP6	BP7	BP8	BP9	BP10	BP11	BP12	BP13	BP14	BP15	BP16	BP17	BP18	BP19	BP20
Industria automovilística																				
Industria electrodoméstica																				
Industria equipos médicos																				
Industria textil																				
Comercio electrónico																				
Sector editorial																				

Tabla 1: Buenas prácticas seleccionadas sobre Logística Inversa en la industria española.

Todas estas prácticas suponen una mejora en todas las fases del ciclo de vida de los edificios pues tienen como objetivo:

- ◆ Obtener materias primas lo menos contaminantes posible, mediante tecnologías que provoquen un mínimo impacto ambiental, y evitando en la medida que sea posible la generación de residuos.
- ◆ Fabricar productos a través de técnicas y métodos que no dañen el medio ambiente y que generen pocos residuos. Dichas técnicas serán compatibles con la fabricación a partir de materiales reciclados.
- ◆ Suministrar los productos en envases reciclables y que permitan el retorno del producto por motivos como el rechazo del cliente o la excedencia.
- ◆ Favorecer el consumo de productos más duraderos y cuya fabricación suponga un menor consumo, disminuyendo así el uso de productos de usar y tirar.
- ◆ Almacenar los residuos en lugares adecuados y protegidos de cualquier riesgo mediante contenedores adaptados a cada uno de ellos.
- ◆ Transformar o eliminar los productos de forma segregada, extrayendo en primer lugar las sustancias y componentes peligrosos.
- ◆ Disponer de infraestructuras que permitan esta segregación de manera óptima en origen, favoreciendo así la reutilización y el reacondicionamiento de los materiales y emplear para dicha segregación técnicas que no dañen el medio ambiente y que generen la mínima cantidad de residuos posible.

3.2 FASE II: DISEÑO DE PROCESOS PARA LA DEMOLICIÓN DE EDIFICIOS

Desde la perspectiva de la logística empresarial, la logística inversa está integrada por los procesos de gestión de:

- ◆ Retorno de productos que fueron rechazados por agentes en el canal de comercialización o por el consumidor final, así como excedentes de inventarios por fin del ciclo de vida.
- ◆ Retorno para la reutilización de envases, empaques, embalajes y unidades de manejo.
- ◆ Reutilización de materiales.
- ◆ Reacondicionamiento del producto rechazado.

El establecimiento de estos mecanismos, para la recuperación y el aprovechamiento de los productos desechados por los consumidores, esta originado, principalmente, por dos tipos de motivos:

- ◆ **Motivos legales:** La legislación en el ámbito europeo está propiciando un cambio de paradigma en la industria al hacer responsables a los empresarios de todo el ciclo de vida de sus productos, desde que entra en la fábrica hasta que se convierte en residuo. En este nuevo criterio de gestión, el empresario debe atender los costes empresariales asociados a la fabricación y distribución de un producto y también debe controlar los costes relacionados con la correcta gestión de ese producto convertido en residuo por el consumidor final.
- ◆ **Motivos Económicos:** Los flujos de retorno de los productos suelen tener unos costes elevados, principalmente a causa

de la gran capilaridad, de la manipulación adicional que supone y de los controles de calidad que deben pasar los productos retirados. Pero el operador logístico tiene herramientas para contribuir a su reducción. Para ello, puede adaptar su red logística y de transporte a los retornos o puede integrarlos como un componente más de la cadena. También se puede llevar a cabo una gestión y optimización de los stocks, lo que derivará en la reducción o, incluso la eliminación, de las vueltas a fábrica.

De esta forma, las empresas no estarían considerando la gestión de los productos fuera de uso, únicamente, como una necesidad motivada por presiones legislativas, sino que encontrarán en estas actividades formas de lograr ventajas competitivas sostenibles y con ello la consecución de sus objetivos empresariales.

Se pretende que estos procesos sirvan de base para todas aquellas empresas que quieran incorporar la logística inversa en su Sistema de Gestión de Calidad. Dicho Sistema de Gestión de Calidad estará formado por tres tipos de procesos diferentes: Procesos clave; Procesos estratégicos y Procesos de apoyo.

3.2.1. MAPA DE PROCESOS

En la figura 5 está recogido el mapa de procesos. Este mapa consiste en la representación gráfica de los procesos que están presentes en una organización o actividad, mostrando la relación que existe entre ellos y sus relaciones con el exterior.

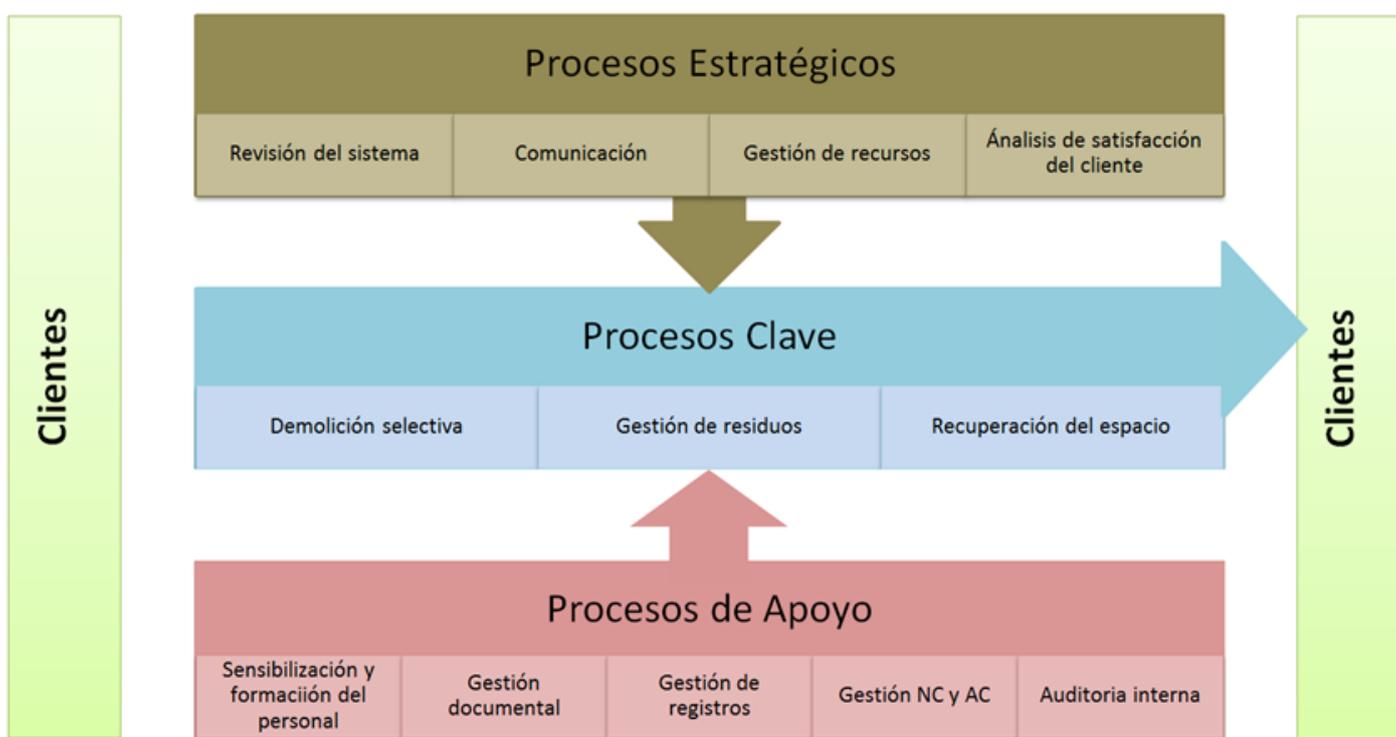


Figura 5: Mapa de procesos.

A continuación se describen cada uno de los procesos en los que se desarrollaría el sistema para la fase de demolición del edificio así como las buenas prácticas seleccionadas en la Fase I que se incorporarían en los mismos.

3.2.1.1. PROCESOS CLAVE (PC)

Son los procesos que tienen contacto directo con el cliente, los procesos operativos necesarios para la realización del producto/servicio, a partir de los cuales el cliente percibirá y valorará la calidad del mismo.

Estos procesos intervienen en la misión, pero no necesariamente en la visión de la organización. En el caso analizado se han definido los siguientes procesos claves:

- ◆ PC01. Demolición selectiva.

- ◆ PC02. Gestión de residuos.
- ◆ PC03. Recuperación del espacio.

A continuación se exponen las ideas principales de cada uno de estos procesos de forma individual.

3.2.1.1.A PROCESO CLAVE PC01. DEMOLICIÓN SELECTIVA

El objetivo de este proceso es llevar a cabo el desmantelamiento selectivo de la edificación de manera gradual y coordinada, de manera que permita el aprovechamiento posterior de los materiales y minimice el transporte de estos al vertedero. Muchos de los materiales que resultan de la demolición de un edificio pueden incorporarse al ciclo productivo, bien de forma directa, mediante la reutilización de ciertos elementos constructivos o a

través de los correspondientes procesos de tratamiento.

Cuanto mayor grado de mezcla presente el residuo de partida, más comprometida se verá la viabilidad técnica y medioambiental del producto reciclado. Por lo tanto, el proceso de demolición selectiva debe contemplar la separación de materiales a pie de obra.

Este proceso contará con dos subprocesos:

1. Elaboración de proyecto de demolición selectiva.
2. Ejecución material de la demolición.

Cuanto mayor grado de mezcla presente el residuo de partida, más comprometida se verá la viabilidad técnica y medioambiental del producto reciclado. Por lo tanto, el proceso de demolición selectiva debe contemplar la separación de materiales a pie de obra.

Este proceso contará con dos subprocesos:

1. Elaboración de proyecto de demolición selectiva.
2. Ejecución material de la demolición.

Buenas prácticas: BP1; BP2; BP3; BP4; BP5; BP6; BP7; BP9; BP11; BP12; BP13; BP16; BP20.

3.2.1.1.B PROCESO CLAVE PC02. GESTIÓN DE RESIDUOS

Como consecuencia del propio proceso de demolición selectiva, surgen materiales de diferente naturaleza con un diverso aprovechamiento en diferentes actividades productivas y constructivas.

El objetivo de este proceso es el análisis y posterior gestión de los residuos generados en la demolición selectiva, incluyendo la elaboración de un plan de gestión y designando a los responsables encargados de ello.

Este proceso es fundamental para la sostenibilidad de la demolición.

Los residuos de construcción han llegado a estimarse en nuestro país en cantidades muy superiores a los residuos sólidos urbanos, llegando a superar los 30 millones de toneladas anuales.

El estudio y consideración de estos residuos, de cara a su valoración y aprovechamiento, es fundamental. Sin embargo, por tradición es una parte del proceso generalmente obviada o poco rigurosa, a pesar de que se producen graves agresiones ambientales debidas a la generación de residuos de las demoliciones.

Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Elaboración de plan de gestión de residuos de construcción y demolición.
2. Designación de responsabilidades.
3. Relación con proveedores y contratistas.
4. Implementación de medidas de segregación.
5. Gestión de RCD inertes o no peligrosos.
6. Gestión de RCD peligrosos.

Buenas prácticas: BP8; BP10; BP14; BP16; BP17; BP18; BP19.

3.2.1.1.C PROCESO CLAVE PC03. RECUPERACIÓN DEL ESPACIO

El objetivo de este proceso es reducir el impacto ambiental que supone una demolición a través de la reutilización, la prefabricación y el reciclaje de los residuos que dicha demolición genere, y siempre que sea posible, elaborando planes de recuperación ambiental.

La recuperación del espacio aboga por el diagnóstico de cada situación concreta y por la mínima intervención, lo cual se alinea con los principios del desmantelamiento selectivo.

Se trata por tanto de proceder de manera quirúrgica, recuperando la funcionalidad, la complejidad y la resiliencia del sistema, de manera que se asegure la permanencia de los servicios en el tiempo y la capacidad del propio sistema de recuperarse frente a futuras perturbaciones. Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Análisis de las barreras de entrada.
2. Reutilización de los residuos.
3. Re-fabricación de los residuos.
4. Reciclaje de los residuos.
5. Planes de recuperación ambiental.

Buenas prácticas: BP10; BP15

3.2.1.2. PROCESOS ESTRATÉGICOS (PE)

Son los procesos responsables de llevar adelante la organización. Están en relación muy directa con la misión y visión de la organización, e involucran a trabajadores de primer nivel de la organización, es decir, son responsabilidad de la dirección.

En el caso analizado se han definido los siguientes procesos estratégicos:

- ◆ PE01. Revisión del sistema.
- ◆ PE02. Comunicación.
- ◆ PE03. Gestión de recursos.
- ◆ PE04. Análisis de la satisfacción del cliente.

3.2.1.2.A PROCESO ESTRATÉGICO PE01. REVISIÓN DEL SISTEMA

El objetivo de este proceso es analizar los datos obtenidos de los Procesos del Sistema de Gestión de Calidad con el fin de determinar si se han alcanzado los objetivos propuestos, si se han cumplido los requisitos establecidos y si son necesarios nuevos recursos.

Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Revisión de la Política del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa.
2. Análisis de los objetivos.
3. Análisis de los procesos.

4. Análisis de las propuestas de mejora.

3.2.1.2.B PROCESO ESTRATÉGICO PE02. COMUNICACIÓN

El objetivo de este proceso es mantener una comunicación adecuada, tanto a nivel interno como externo, acerca de los asuntos y decisiones relacionadas con los Procesos definidos.

Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Reuniones interdepartamentales entre los equipos de obra y de producción.
2. Comunicaciones internas.
3. Tablones de anuncios.

3.2.1.2.C PROCESO ESTRATÉGICO PE03. GESTIÓN DE RECURSOS

El objetivo de este proceso es determinar los recursos disponibles para mantener el Sistema de Gestión de Calidad y determinar los recursos necesarios para cumplir los requisitos del cliente.

Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Evaluación de los recursos disponibles.
2. Análisis y planificación de los recursos necesarios para cumplir con los requisitos de cada cliente.

3.2.1.2.D PROCESO ESTRATÉGICO PE04. ANÁLISIS DE LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

El objetivo de este proceso es analizar los resultados obtenidos en la evaluación de la satisfacción de los clientes con el objetivo de alcanzar la mayor eficiencia y calidad posible en los servicios ofertados.

Los clientes en este caso concreto serían los promotores de la demolición del edificio.

Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Análisis de los cuestionarios de satisfacción recibidos, los certificados de trabajo terminado, la fidelización de clientes y las impresiones de los jefes de proyecto.

3.2.1.3. PROCESOS DE APOYO (PA)

Son los procesos responsables de proveer a la organización de todos los recursos necesarios en cuanto a personas, maquinaria y materia prima, para poder generar el valor añadido deseado por la empresa promotora de la demolición.

En el caso analizado se han definido los siguientes procesos de apoyo:

- ♦ PA01. Sensibilización y formación del personal.
- ♦ PA02. Gestión documental.
- ♦ PA03. Gestión de registros.
- ♦ PA04. Gestión de NC y AC.
- ♦ PA05. Auditorías internas.

3.2.1.3.A PROCESO DE APOYO PA01. SENSIBILIZACIÓN Y FORMACIÓN DEL PERSONAL

El objetivo de este proceso es definir los procedimientos para la realización de actividades de sensibilización y formación en materia de gestión de residuos generados a partir de actividades de construcción y de demolición.

Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Planificación de actividades formativas para el personal de obra, así como de los equipos encargados de la ejecución de la demolición.
2. Actividades formativas.
3. Formación y sensibilización a nuevas contrataciones de apoyo a la demolición.

3.2.1.3.B PROCESO DE APOYO PA02. GESTIÓN DOCUMENTAL

El objetivo de este proceso es definir el sistema de elaboración, control y accesibilidad de los documentos que forman parte del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa que realizará los trabajos de demolición para su correcta gestión.

Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Elaboración de borradores.
2. Revisión y aprobación de dichos borradores.
3. Edición y archivo de documentos originales.
4. Codificación de nuevos documentos.
5. Modificación de lista de documentos en vigor.
6. Gestión de documentos externos.

3.2.1.3.C PROCESO DE APOYO PA03. GESTIÓN DE REGISTROS

El objetivo de este proceso es definir el método de identificación, formato, cumplimentación, almacenamiento, conservación y disposición de los registros del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa.

Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Identificación y cumplimentación de los registros.
2. Almacenamiento de los registros.
3. Conservación y archivo.
4. Disposición de los registros.

3.2.1.3.D PROCESO DE APOYO PA04. GESTIÓN DE NO CONFORMIDADES Y ACCIONES CORRECTIVAS

El objetivo de este proceso es determinar las acciones a llevar a cabo para que todas las no conformidades sean registradas y que se apliquen las acciones correctivas adecuadas.

Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Detección de no conformidades.
2. Registro de no conformidades.

3. Acciones correctivas.
4. Asignación de responsables y plazos de corrección.

3. Apertura de no conformidades
4. Elaboración de informes de auditorías.

3.2.1.3.E PROCESO DE APOYO PA05. AUDITORÍAS INTERNAS

El objetivo de este proceso es obtener evidencias del funcionamiento del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa y evaluarlas de forma objetiva con el fin de determinar el cumplimiento de los requisitos del mismo. Este proceso se desarrolla en los siguientes subprocesos:

1. Planificación y programación de auditorías
2. Realización de auditorías

3.2.2. FICHAS DE PROCESOS

Todos estos procesos se definen en las denominadas fichas de procesos. Estas fichas contienen la siguiente información:

- ♦ **Código:** Codifica la ficha de procesos.
- ♦ **Nombre del proceso:** Indica la denominación del proceso.
- ♦ **Subprocesos y Procedimientos:** Nombra los distintos subprocesos y/o procedimientos que conforman el proceso.

PC01: DEMOLICIÓN SELECTIVA

Fecha de revisión

-

Código

PC01

Objetivo

Llevar a cabo el desmantelamiento selectivo de la edificación pertinente de manera gradual y coordinada que permita el aprovechamiento posterior de los materiales y minimice el transporte de estos al vertedero

Subprocesos y Procedimientos

- ♦ Elaboración de proyecto de demolición selectiva
- ♦ Ejecución material de la demolición

Propietario / Responsable

- ♦ Dirección de la empresa
- ♦ Responsable del Departamento
- ♦ Responsable del Sistema de Gestión de Calidad

Ámbito

Este proceso abarca desde la elaboración del proyecto para llevar a cabo el desmantelamiento hasta la propia ejecución material del mismo

Entrada del proceso

- ♦ Proyecto de demolición selectiva

Salida del proceso

- ♦ Informe de demolición selectiva

Destinatarios

Todos los intervinientes en todos los procesos del Sistema de Calidad

Indicadores

- ♦ % del edificio demolido de manera selectiva

Documentos asociados

- ♦ Proyecto de demolición selectiva
- ♦ Manual del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa

Figura 6: PC01: Demolición selectiva.

- ♦ *Propietario / Responsable:* El propietario del proceso es la persona que se responsabiliza de principio a fin de la gestión del proceso, dentro de la unidad funcional, y de la mejora continua del mismo. Debe ser una persona que conozca en profundidad el proceso.
- ♦ *Ámbito:* Se trata de determinar los límites del proceso. Para ello, analizaremos cuáles son la primera y la última actividad que se realiza para desarrollarlo.
- ♦ *Destinatarios:* En este apartado pondremos para quién hacemos el proceso, qué personas o servicios utilizan los productos o servicios que realizamos
- ♦ *Entradas-Salidas:* En el apartado de entradas indicaremos qué productos, información o documentos son requeridos para iniciar o realizar las actividades del proceso. Las salidas son el producto o servicio creado por el proceso.
- ♦ *Indicadores:* Se nombrarán los diferentes indicadores asociados al proceso para realizar el seguimiento del mismo.
- ♦ *Documentos asociados:* En este apartado se nombrarán aquellos documentos que están asociados al proceso.

A modo de ejemplo, la figura 6 muestra la ficha del proceso PC01: Demolición selectiva.

3.3. VENTAJAS DE LA IMPLANTACIÓN DE LA LOGÍSTICA INVERSA EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN

La aplicación de estos procesos supondría la implantación de la Logística Inversa en las empresas que realizan demolición de edificios. Y esta implantación, al igual que ha sucedido en otros sectores industriales, puede conseguir una serie de ventajas asociadas a las buenas prácticas.

Estas ventajas se pueden englobar en 3 grupos, económicas, sociales y ambientales:

3.3.1. VENTAJAS ECONÓMICAS

- ♦ Se reduce el coste de la demolición, ya que la demolición selectiva supone una menor inversión que la demolición tradicional.
- ♦ Se garantiza el ahorro de dinero a las empresas ya que el sistema implantado permite la sustitución de materias primas vírgenes por el uso de material reciclado. El valor de adquisición de este último será siempre inferior al valor de los nuevos materiales.
- ♦ Disminuyen los costes de producción de las materias primas vírgenes.
- ♦ Se recupera el valor de los materiales empleados en obra por la demolición selectiva y la gestión de los residuos obteniendo un segundo uso para ellos.
- ♦ Se aumentan los beneficios por la venta de los materiales recuperados. La correcta gestión de estos residuos permitiría la recuperación de la mayor parte de los residuos generados.

- ♦ Se disminuyen los gastos por transporte, al reducir el número de desplazamientos a los vertederos.
- ♦ Se posibilita la apertura de nuevos mercados para los materiales reutilizados, que gracias a una correcta gestión de los mismos, podrían pasar a forma parte de otros sectores.
- ♦ Se reducen los costes y el riesgo por obsolescencia gracias a la reutilización de los materiales. Muchos pueden volver a utilizarse sin pasar por un proceso de transformación lo que también reduciría los costes por retorno.

3.3.2. VENTAJAS SOCIALES

- ♦ Se genera una imagen verde para la empresa que mejora la reputación de la misma. El cuidado por parte de las empresas del medio ambiente mejora la satisfacción del cliente.
- ♦ Se generan recursos materiales reciclados de gran calidad.
- ♦ Se abren nuevos mercados. La re-fabricación de los residuos generados en obra permite que estos puedan destinarse a otros sectores.
- ♦ Se fomenta la especialización de mano en obra en cuanto a demolición y gestión de residuos, dando lugar a un nuevo campo de trabajo.
- ♦ Se aumenta la investigación y la generación de nuevos proyectos en la gestión de los residuos.

3.3.3. VENTAJAS SOCIALES

- ♦ Se reduce de forma notable el envío de residuos a vertedero.
- ♦ Se reduce el impacto ambiental que supone la industria de la construcción al medio ambiente.
- ♦ Se elimina la fase de obtención de materias primas y la gran cantidad de residuos que se generan en esta fase. Además se disminuye también la energía necesaria para la obtención de estas materias primas.
- ♦ Se fomenta el empleo de equipos y tecnologías que causen el menor daño posible al medio ambiente.

3.4. PUNTOS CRÍTICOS

Respecto a los puntos críticos de la incorporación de este sistema de gestión destacan los siguientes:

- ♦ Costes iniciales de adopción elevados. Incorporar el sistema implica la necesidad de instalaciones adecuadas para llevar a cabo una gestión de residuos en origen óptima. Además se suma el elevado coste de la mano de obra encargada de llevar a cabo dicha gestión.
- ♦ Falta de concienciación acerca de las ventajas potenciales que supondría la incorporación de la logística inversa. La mayoría de empresas de construcción y demolición se

resisten a implantar esta filosofía en sus estructuras de trabajo y este es el principal motivo.

- ♦ La mayoría de edificios actuales no están diseñados para favorecer el desmantelamiento selectivo. Esto supone un incremento en el tiempo de trabajo que encarece el proceso.
- ♦ Falta de incentivos financieros y de apoyo técnico por parte de la administración.

4. CONCLUSIONES

Como conclusión general se puede afirmar que la cultura de la logística inversa puede aplicarse al sector de la edificación y obtener de ella importantes beneficios.

Existen numerosas buenas prácticas sobre logística inversa implantadas en distintos sectores, implantadas en sus estructuras y formas de trabajo que consiguen importantes beneficios. Además, las buenas prácticas consiguen evitar la generación de residuos, optimizar los residuos no peligrosos reciclables, reutilizar los materiales y no emplear métodos que limiten las posibilidades de reutilización son las más extendidas.

Las buenas prácticas extraídas de estos sectores que pretendan ser incorporadas al de la edificación tienen que estar relacionadas con la obtención, fabricación, consumo, suministro, almacenamiento, transformación o eliminación de materiales o productos, es decir, con alguna de las fases del ciclo de vida de los edificios.

Todas las fases del ciclo de vida de un edificio pueden beneficiarse del sistema de Logística Inversa, pero las fases de obtención y producción de materiales y la de derribos son las que más residuos de construcción y demolición generan.

El Sistema de Gestión planteado establece medidas de control, preventivas y correctoras sobre los aspectos que se han definido como claves, reduciendo así posibles problemas. Acota las responsabilidades de la empresa, sus empleados y la administración en materia de gestión de residuos.

Por otra parte, establecer como procesos claves de un Sistema de Gestión de Calidad la demolición selectiva, la gestión de residuos y la recuperación del espacio, supone una correcta integración de la logística inversa en las empresas edificatorias, puesto que en estos procesos se albergan la mayor parte de buenas prácticas adaptadas del resto de sectores.

Haría falta complementarlo con un estudio más profundo del tema, pero probablemente las mayores ventajas de la implantación de la logística inversa en el sector están relacionadas con el sector económico y con la reducción de costes que supondría a las empresas de demolición.

Por último, el sistema de gestión propuesto recoge los procesos (clave, estratégicos y de apoyo) más relevantes para llevar a cabo la implementación de la logística inversa en una empresa de demolición.

5. REFERENCIAS

- [1] CSCMP, "Annual Global Conference Annual Global Conference Report," Council of Supply Chain Management Professionals, San Antonio, Texas, USA 2014.
- [2] Oltra Badenes, R., "La Logística Inversa: Concepto y Definición," Universidad Politécnica de Valencia, Valencia 2014.
- [3] Cabeza, D., Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro: Marge books, 2012.
- [4] Arenas Cabello, F.J., El impacto ambiental en la edificación: criterios para una construcción sostenible: Edisofer, 2007.
- [5] Rogers, D. and Tibben-Lembke, R., "RS Going backwards: reverse logistics trends and practices. Reverse Logistics Executive Council. University of Nevada, Reno," Center for Logistics Management, 1998.
- [6] De Brito, M.P. and Dekker, R., "Reverse logistics-a framework," Erasmus School of Economics (ESE) 2002.
- [7] Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K., and van Wassenhove, L.N., Reverse logistics: quantitative models for closed-loop supply chains: Springer Science & Business Media, 2013.
- [8] Hawks, K., "What is reverse logistics," Reverse logistics magazine, vol. 1, 2006.
- [9] Barker, T.J. and Zabinsky, Z.B., "Reverse logistics network design: a conceptual framework for decision making," International Journal of Sustainable Engineering, vol. 1, pp. 250-260, 2008.
- [10] Lee, C. and Chan, T., "Development of RFID-based reverse logistics system," Expert Systems with Applications, vol. 36, pp. 9299-9307, 2009.
- [11] Mihi-Ramírez, A., Arias-Aranda, D., and García-Morales, V.J., "La gestión de la logística inversa en las empresas españolas: Hacia las prácticas de excelencia," Universia business review, 2012.
- [12] Guiltinan, J.P. and Nwokoye, N.G., "Developing distribution channels and systems in the emerging recycling industries," International Journal of Physical Distribution, vol. 6, pp. 28-38, 1975.
- [13] Ginter, P.M. and Starling, J.M., "Reverse distribution channels for recycling," California Management Review, vol. 20, pp. 72-82, 1978.
- [14] Stock, J.R., Reverse logistics: White paper: Council of Logistics Management, 1992.
- [15] Thierry, M., Salomon, M., Van Nunen, J., and Van Wassenhove, L., "Strategie issues in product recovery management," California Management Review, vol. 37, pp. 114-135, 1995.
- [16] Fleischmann, M., Krikke, H.R., Dekker, R., and Flapper, S.D.P., "A characterisation of logistics networks for product recovery," Omega, vol. 28, pp. 653-666, 2000.
- [17] REVL0G. (2017). Reverse Logistics Group. Available: <http://www.rev-log.com/>
- [18] RELOOP. (2017). Reverse Logistics Executive Council Group. Available: [http://www.2020-horizon.com/RELOOP-Reverse-logistics-chain-optimisation-in-a-multi-user-trading-environment\(RELOOP\)-s64453.html](http://www.2020-horizon.com/RELOOP-Reverse-logistics-chain-optimisation-in-a-multi-user-trading-environment(RELOOP)-s64453.html)
- [19] Hosseini, M.R., Rameezdeen, R., Chileshe, N., and Lehmann, S., "Reverse logistics in the construction industry," Waste Management & Research, vol. 33, pp. 499-514, 2015.
- [20] Gobierno de España, "Real Decreto 105/2008, de 1 de Febrero, por el que se Regula la Producción y Gestión de los Residuos de Construcción y Demolición. "Royal Decree 105/2008, of February 1, on the Production and Management of Construction and Demolition Waste", ed. Official state bulletin (BOE), 2008, pp. 7724-7730.

- [21] Villoria Sáez, P., "Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial. Buenas prácticas en la ejecución de obra (Tesis Doctoral)," PhD Thesis, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid: , 2014.
- [22] Salazar Rodriguez, H.D., "Procesos logísticos en empresas de construcciones civiles," Universidad Militar Nueva Granada, 2014.
- [23] n'UNDO, "El Algarrobico. La oportunidad bajo los escombros. Análisis ambiental y socio-económico de la recuperación de la playa del Algarrobico," N'UNDO, Madrid, 2012.
- [24] Pans Achell, j.f. INTRODUCCIÓN AL LEAN CONSTRUCTION: EDIT: FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN. MADRID, 2014
- [25] López Parada, J., Incorporación de la Logística Inversa en la Cadena de Suministros y su influencia en la estructura organizativa de las empresas: Universitat de Barcelona, 2010.
- [26] Díaz Fernández, A., Álvarez Gil, M.J., and González Torre, P., Logística inversa y medio ambiente: McGraw-Hill, 2004.
- [27] Rubio Lacoba, S., El sistema de logística inversa en la empresa: análisis y aplicaciones: Universidad de Extremadura, 2003.
- [28] Guillermo Cruz, A., "Propuesta de aplicación de logística inversa para el mejoramiento del centro de distribución puma abarrotero," 2009.
- [29] MAPAMA, "Manuales de Buenas Prácticas Ambientales en las Familias Profesionales," A. y. M. A. Ministerio de Agricultura y Pesca, Ed., ed. Madrid: Gobierno de España, 2017.
- [30] Universitat de les Illes Balears, "Análisis de Ciclo de Vida de los hoteles elaborado por el grupo de investigación en Ingeniería de la Edificación y la Gestión Energética de la UIB," 2011.

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.



Synergies between Last Planner System and OHSAS 18001 - A general overview

Sinergias entre el Last Planner System y la OHSAS 18001 - Una visión general

XAVIER BRIOSO

Construction Management & Technology Research Group (GETEC), Pontifical Catholic University of Peru, Av. Universitaria 1801, Lima 32, Peru, e-mail: xbrioso@pucp.edu.pe

- ◊ Last Planner System is synergistic with the Safety and Health Management.
- ◊ Integration of the Last Planner System and the Safety Management, based on practice.
- ◊ The method based on the optimization on industry indicators.

The present article's main objective is to describe the synergies generated from the simultaneous application of the Last Planner System (LPS) and OHSAS 18001. We explain the main principles, tools, techniques and practices of the Lean Construction philosophy and LPS that integrate and make synergy with the elaboration of Safety and Health Study, the implementation of the Safety and Health Plan, and with the OHSAS 18001. The LPS elements are correlated with the OHSAS 18001 requirements: (1) Policy; (2) Planning; (3) Implementation and Operation; (4) Checking; and (5) Management Review. The methodology used to validate the proposal is based in a review of the published literature in the last years, in which information was quoted from the Conferences of the International Group for Lean Construction (IGLC), Lean Construction Journal, Lean Construction Institute, among others. This paper hopes to bring integration and collaborative work from the Production and the Safety and Health Department.

Last Planner System; Safety and Health; Lean Construction; OHSAS 18001

- ◊ El Last Planner System es sinérgico con la Gestión de la Seguridad y Salud.
- ◊ Integración del Last Planner System y el Safety Management con base en la práctica.
- ◊ El método se apoya en la optimización de indicadores en la industria.

El presente artículo tiene como objetivo describir las sinergias generadas en la aplicación simultánea del Last Planner System (LPS) y la OHSAS 18001. Se explican los principios, herramientas, técnicas y prácticas de la filosofía Lean Construction y del LPS que integran y generan sinergia con la elaboración del Estudio de Seguridad y Salud, con la implementación del Plan de Seguridad y Salud y con la OHSAS 18001. Se relacionan los elementos del LPS con los requisitos OHSAS 18001: (1) Política; (2) Planificación; (3) Implementación y operación; (4) Verificación; y (5) Revisión por la Dirección. La metodología empleada para validar la propuesta se basa en una revisión de la literatura publicada en los últimos años, en la que se citó información de la Conferencia del International Group for Lean Construction (IGLC), Lean Construction Journal, Lean Construction Institute, entre otros. Este trabajo pretende aportar en la integración y el trabajo colaborativo del área de producción y del área de soporte de seguridad y salud.

Sistema del Último Planificador; Seguridad y Salud; Lean Construction; OHSAS 18001

1. INTRODUCCIÓN

Planificar adecuadamente se convierte en uno de los métodos más efectivos para incrementar la productividad. Es posible lograrlo mediante la eliminación de esperas, realizando las actividades en la secuencia más conveniente y coordinando la interdependencia de las múltiples actividades por realizar [1].

Tradicionalmente, el Plan de dirección y gestión del proyecto de edificación suele realizarse antes de la elaboración del Estudio de seguridad y salud, sin que ambos documentos se compatibilicen de una manera óptima.

Durante la ejecución de obra suelen implementarse ambos, el Plan de dirección y gestión del proyecto y el Plan de seguridad y salud, sin herramientas ni técnicas que ayuden a su integración, lo que originan la existencia de diferencias relacionales entre el director de ejecución de obra y el coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de obra [2].

Existe evidencia de que los proyectos con enfoque Lean son más seguros, y que tanto la planificación colaborativa como su implementación, partiendo de un respeto a los agentes intervinientes, es un factor primordial en la explicación de este logro [3].

Son varios los investigadores que promueven la difusión de herramientas y técnicas exitosas usadas en el Last Planner System, que incluyen la planificación colaborativa del área de producción y el área de seguridad y salud [4] y [5].

Por lo anteriormente expuesto, es necesario implementar estrategias que integren adecuadamente la producción y la seguridad y salud de los proyectos basados en los casos exitosos de la industria, y difundir estas experiencias para fomentar su discusión, retroalimentación y mejora continua.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. LAST PLANNER SYSTEM

El Last Planner System (LPS) fue creado por Glenn Ballard [1] y afirma que una buena planificación ocurre cuando se superan obstáculos presentes en la industria de la construcción, tales como:

1. La planificación no se concibe como un sistema, sino que se basa en las habilidades y el talento del profesional a cargo de la programación.
2. Existe una falta medición del sistema de planificación durante el desarrollo .
3. Los errores en la planificación no se analizan, ni se identifican las causas de su ocurrencia [6].

El punto de partida del LPS se basa en que todos los planeamientos son pronósticos, y todos los pronósticos están errados.

Cuanto más a largo plazo sea la predicción, mayor será su error. Del mismo modo, cuanto más detallada sea ésta, más errada estará [1].

Por estas razones, el sistema recomienda:

1. Planificar con mayor detalle a medida que se aproxime el día en que se vayan a llevar a cabo los trabajos.
2. Realizar planeamientos de forma colaborativa con quienes realicen los trabajos, contando con la participación de las áreas de soporte, entre ellas el área de seguridad y salud.
3. Identificar y hacer cumplir con anticipación suficiente las "restricciones", que son todo aquello que debe considerarse para poder ejecutar las tareas planeadas como equipo.
4. Adquirir compromisos fiables.
5. Aprender de las interrupciones [1] y [6].

El LPS es una herramienta que nos ayuda a mejorar el flujo de las actividades programadas, reduciendo la variabilidad que existe en los proyectos de construcción, por tanto nos ayuda a mejorar su cumplimiento.

En la programación, tiene en consideración a cada uno de los agentes que van a ejecutar de manera directa cada una de las actividades: ingenieros de producción, supervisores, subcontratistas, capataces, coordinadores de seguridad y salud de la obra, etc. [2].

Esta rutina mejora el control tradicional y protege al planeamiento.

Los elementos del LPS [7] son:

2.1.1. PLANIFICACIÓN MAESTRA (CRONOGRAMA GENERAL O MAESTRO)

En primer lugar, deben establecerse los plazos e hitos del cronograma general, realizando un listado de todas las actividades sin entrar en detalle y seleccionando el proceso constructivo adecuado, acorde al presupuesto y a los recursos disponibles.

Deben diferenciarse claramente cada una de las entregas, según las necesidades y requisitos de los clientes, así como deben quedar definidos los sistemas de producción, seguridad y salud, logística, calidad, medio ambiente, entre otros [2] y [8].

En esta etapa se debería incluir un análisis preliminar del riesgo (APR) para cada fase del cronograma, a fin de conseguir una predicción efectiva de los recursos para la gestión de la seguridad y salud [9].

2.1.2. PHASE PULL PLANNING

Consiste en una planificación colaborativa en la que los ejecutores (Last Planners) y los responsables de las áreas de soporte identifican las "transferencias", es decir, intervienen en el diseño de las diferentes alternativas de programación.

Todos ellos se convierten en planificadores que discriminan la relación entre las actividades, ajustan las secuencias y toman decisiones, que se convierten en compromisos contractuales, únicamente modificables con el acuerdo solidario de todo el equipo [10].

El sistema permite integrar la gestión de seguridad y salud al Phase Pull Planning de la obra al identificar restricciones [8].

2.1.3. PROGRAMACIÓN DE MEDIO PLAZO O LOOKAHEAD

Se realiza una planificación a medio plazo, con un horizonte que depende del tipo de proyecto.

En edificación normalmente se realiza de 2 a 8 semanas, considerando la duración del proyecto, la complejidad, el plazo de abastecimiento, etc. [1].

El Lookahead debe estar claro para todos los involucrados, que deben comprometerse y responsabilizarse de que las actividades encomendadas se cumplan.

Además en el Lookahead es necesario identificar las restricciones a eliminar, a fin de que las actividades puedan realizarse sin problemas.

Por otro lado, deben estar claros los recursos necesarios para el tratamiento de las restricciones [2], entre las que se encuentran:

- ◆ Los equipos de protección personal y colectiva,
- ◆ Las capacitaciones específicas, y

- ♦ la correcta implementación de las instalaciones (obras provisionales), entre otras [2], [8] y [9].

2.1.4. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Al programar las partidas del Lookahead, las sometemos a un análisis que tiene como objetivo dejarlas totalmente activadas, libres de restricciones cuyo incumplimiento podría generar paralizaciones en los flujos, pérdidas y retrasos. Las restricciones podrían definirse como los pre-requisitos de una actividad, que de no ser cubiertos podrían producir paralizaciones en los flujos de producción [8]. Normalmente los pre-requisitos o restricciones que se dan en construcción están ligadas a los flujos de diseño, componentes y materiales, mano de obra, equipos, espacio (zonas de trabajo), tarea previa, y condiciones externas [11]. Específicamente, las restricciones de seguridad y salud están implícitas en cada una de ellas, si bien es cierto que en países emergentes, son usualmente dejadas de lado [8].

Por otro lado, una pobre implementación del plan de seguridad y salud en una obra es considerada una forma de pérdida, ya que desde el punto de vista de Lean Construction, un incidente que produzca una paralización del trabajo o una lesión, representa una pérdida real [12].

Por estas razones, es una excelente práctica añadir otro tipo de restricción a la lista, la de seguridad y salud, hasta ahora implícita en las otras siete. Al hacerla explícita se evita que sea ignorada por planificadores y contratistas [8].

2.1.5. PROGRAMACIÓN SEMANAL

Cumplir las actividades programadas en la primera semana constituye un objetivo prioritario del Lookahead. También es importante planificar el uso de los buffers (holguras) y tareas suplentes en caso de imprevistos [1].

En el sector construcción siempre existe variabilidad interna y externa que pueden producir paralizaciones del camino crítico, por lo que es necesario contar con un plan de contingencia, de modo que los trabajadores siempre tengan alguna actividad productiva que ejecutar.

Cuando se levantan todas las restricciones de una partida, ésta queda totalmente lista para ser programada y ejecutada. El plan semanal se basa en las actividades libres de restricciones, para lo que es necesario que cada responsable cumpla la función y cometido asignado [2].

En esta etapa deben detallarse los trabajos de seguridad y salud a realizar, determinar las medidas preventivas y acciones correctivas y designar los recursos establecidos por el Lookahead [2] y [9].

2.1.6. PROGRAMACIÓN DIARIA

La programación diaria consiste en la elaboración de un programa que contemple actividades de producción a realizar cada día de la semana, lo que permite llegar al último nivel de planificación, donde definen todos los detalles [1].

Para ello, es precisa una programación a diario y la realización de mediciones de rendimiento, no solo de las cuadrillas, sino de cada miembro del personal, comprobar si un operario es productivo, evaluar si cuenta con las herramientas adecuadas, conocer qué factores influyen en su productividad, tales como salud, clima, falta de agua, mala alimentación, desmotivación, la falta de planificación de la seguridad, etc. [2].

Asimismo, es muy importante diseñar las capacitaciones de inicio de jornada para asegurar que los trabajadores identifiquen los peligros y las zonas de riesgo a las que estarán expuestos y actúen acorde a los mismos, es decir, adopten las medidas preventivas y de conducta [2] y [12].

2.1.7. ANÁLISIS DE FIABILIDAD. MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE PLANIFICACIÓN CON EL PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO (PPC)

El LPS mide el desarrollo del plan semanal a través del porcentaje de tareas (asignaciones) completadas (PPC), que es el número de trabajos realizados dividido por el número de tareas (asignaciones) programadas en una semana [1].

Según Botero [13], esta medición es el primer paso para aprender de los fallos e implementar mejoras.

El Análisis de Fiabilidad es el ejercicio a través del cual se mide la calidad del sistema de programación identificando y tratando de eliminar las causas raíz que no permiten alcanzar el 100 % del cumplimiento del plan semanal.

Las experiencias que se van obteniendo en la obra, permiten un aprendizaje sistemático a fin de evitar errores repetitivos [1] y [2]. El LPS se describe en la figura 1.



Figura 1: LPS y sus elementos (Adaptado de [1]).

Por otro lado existen indicadores que miden el porcentaje de cumplimiento de actividades en la gestión de la seguridad y salud [2]. Son básicamente el cociente de las actividades, tareas o asignaciones ejecutadas divididas entre las programadas. Por ejemplo, las capacitaciones o inspecciones realizadas versus las programadas, el porcentaje de operarios realmente usan sus equipos de protección, entre otros [2].

2.1.8. TREN DE ACTIVIDADES Y TAKT TIME

En la industria de la manufactura, las estaciones son localizaciones “fijas” donde se realizan uno o más procesos a los productos que van recorriendo la línea de producción.

En cambio, en la industria de la construcción los procesos (actividades) van “recorriendo” los “productos” (edificaciones, caminos, etc.), y en cada zona de trabajo (sectores o localizaciones) se ejecutan uno o más procesos en un tiempo específico hasta la culminación de la fase y la obra [8].

En cambio, en la industria de la construcción los procesos (actividades) van “recorriendo” los “productos” (edificaciones, caminos, etc.), y en cada zona de trabajo (sectores o localizaciones) se ejecutan uno o más procesos en un tiempo específico hasta la culminación de la fase y la obra [8].

La “sectorización” consiste en que el especialista en Lean Construction debe dividir las mediciones de todas las actividades (procesos) de una edificación en un número de sectores. De esta forma se crea una línea de producción equilibrada, con cantidades de recursos (mano de obra, equipos y maquinarias y materiales, entre otros) que se pueda ejecutar en el día de trabajo y que cumpla las

condiciones de satisfacción de todos los involucrados [14].

En países latinoamericanos, como Perú, a esta línea de producción se le denomina “tren de actividades”. “Takt” es una palabra alemana referida a la regularidad para conseguir algo hecho [15].

“Takt-time es la unidad de tiempo en la que se debe producir un producto (tasa de suministro) para que coincida con la velocidad a la que se necesita ese producto (tasa de demanda)” [16].

Más específicamente, para la industria de la construcción, takt-time podría ser definido en horas, días o semanas. La cantidad de recursos se calcula para asegurar que el flujo se produzca en el takt-time seleccionado.

También en Perú, la planificación del takt-time se denomina “tren de actividades”. En los proyectos que trabajan bajo la filosofía de Lean Construction, los trenes de actividades (flujo de producción constante) se diseñan utilizando zonas en las que se ejecutarán las actividades con un takt-time de un día de trabajo.

La Figura 2 muestra un ejemplo de la programación de una fase de estructura que emplea un takt-time de un día, expresada en una hoja de cálculo.

ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	lun	mar	miér	jue	vier	sab	dom	lun	mar	miér	jue	vier	sab	dom	lun	mar	miér	jue	vier	sab	dom
	22/7	23/7	24/7	25/7	26/7	27/7	28/7	29/7	30/7	31/7	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8	9/8	10/8	11/8
acero en pilares	S1N1	S2N1	S3N1	S4N1	S5N1				S1N2	S2N2	S3N2	S4N2			S5N2	S1N3	S2N3	S3N3	S4N3		
instalaciones de saneam, fontanería o gas	S1N1	S2N1	S3N1	S4N1	S5N1				S1N2	S2N2	S3N2	S4N2			S5N2	S1N3	S2N3	S3N3	S4N3		
instalaciones de elect, iluminación o climat.	S1N1	S2N1	S3N1	S4N1	S5N1				S1N2	S2N2	S3N2	S4N2			S5N2	S1N3	S2N3	S3N3	S4N3		
encofrado de pilares	S1N1	S2N1	S3N1	S4N1	S5N1				S1N2	S2N2	S3N2	S4N2			S5N2	S1N3	S2N3	S3N3	S4N3		
hormigonado de pilares	S1N1	S2N1	S3N1	S4N1	S5N1				S1N2	S2N2	S3N2	S4N2			S5N2	S1N3	S2N3	S3N3	S4N3		
desencofrado de pilares		S1N1	S2N1	S3N1	S4N1				S5N1	S1N2	S2N2	S3N2			S4N2	S5N2	S1N3	S2N3	S3N3		
encofrado de fondos de viga		S1N1	S2N1	S3N1	S4N1				S5N1	S1N2	S2N2	S3N2			S4N2	S5N2	S1N3	S2N3	S3N3		
acero en vigas		S1N1	S2N1	S3N1	S4N1				S5N1	S1N2	S2N2	S3N2			S4N2	S5N2	S1N3	S2N3	S3N3		
encofrado de forjados y escaleras			S1N1	S2N1	S3N1				S4N1	S5N1	S1N2	S2N2			S3N2	S4N2	S5N2	S1N3	S2N3		
acero en forjados y escaleras			S1N1	S2N1	S3N1				S4N1	S5N1	S1N2	S2N2			S3N2	S4N2	S5N2	S1N3	S2N3		
instalaciones de saneam, font o gas			S1N1	S2N1	S3N1				S4N1	S5N1	S1N2	S2N2			S3N2	S4N2	S5N2	S1N3	S2N3		
instalaciones de elect, ilum o climat.			S1N1	S2N1	S3N1				S4N1	S5N1	S1N2	S2N2			S3N2	S4N2	S5N2	S1N3	S2N3		
hormigonado vigas, forjados y escaleras				S1N1	S2N1				S3N1	S4N1	S5N1	S1N2			S2N2	S3N2	S4N2	S5N2	S1N3		

Figura 2: Programación de la Fase de Estructura con un takt-time de un día.

Como todas las actividades del tren son críticas, debe preverse la presencia de tareas suplentes o buffers (holguras) para asignarlas a las cuadrillas, en que caso, por variabilidad de la obra se tengan paralizaciones en los flujos de producción [1] y [8].

2.2. OHSAS 18001:2007 Y PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

2.2.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y SALUD

La ISO 9001 que establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad y la ISO 14001 que fija los requisitos para sistemas de gestión ambiental, son compatibles con la norma OHSAS 18001:2007, creada por The Occupational Health and Safety Advisory Services Project Group, la cual establece los requisitos para un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional. Es una práctica usual que las empresas certifiquen sus sistemas de gestión de calidad, medio ambiente y seguridad y salud ocupacional en estas tres normas [17].

Al igual que los sistemas de gestión, la norma OHSAS 18001:2007 se basa en la metodología del ciclo de Deming y es aplicable para cualquier tipo de organización, sea pequeña o grande e independientemente de su naturaleza. La norma OHSAS 18001, las directrices de la OIT, y los modelos de sistemas de gestión de seguridad y salud son comparables entre sí, sus elementos y requisitos son equivalentes [18].

Los requisitos del sistema OHSAS 18001 son (Fig. 3):

1. Política.
2. Planificación.
3. Implementación y operación (funcionamiento).
4. Verificación.

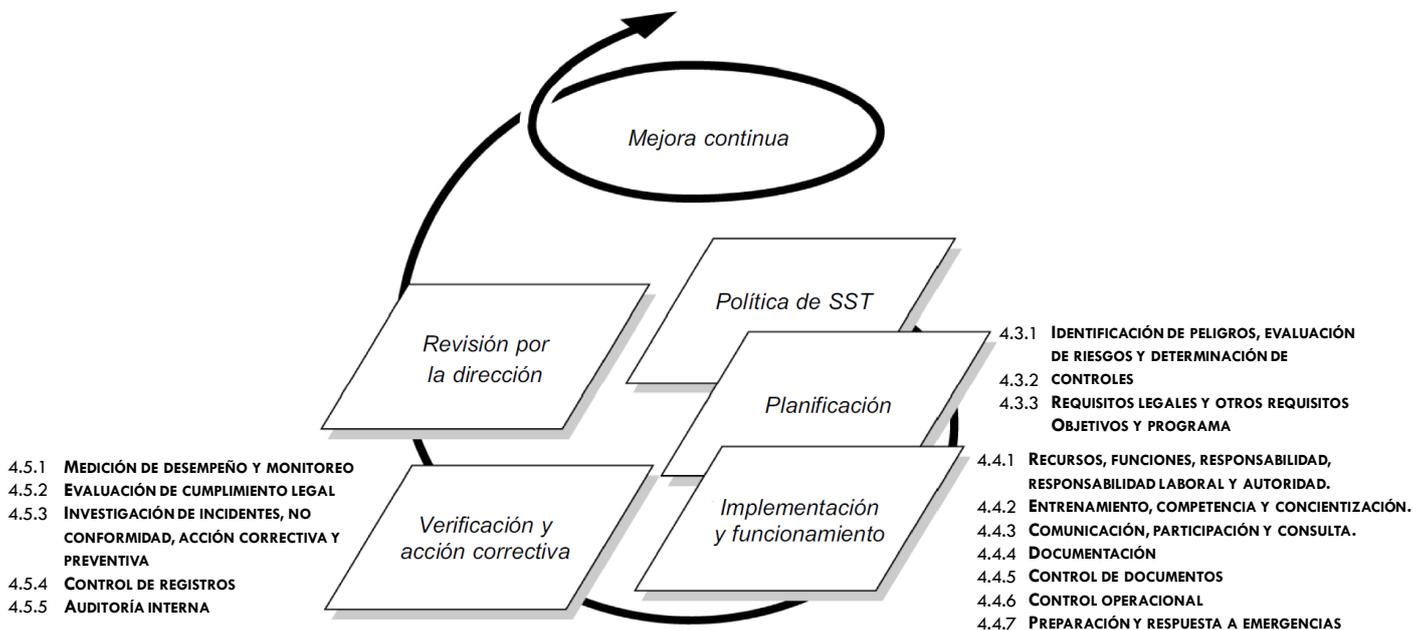


Figura 2: Requisitos de la OHSAS 18001:2007 (Adaptado de [18]).

La legislación relacionada con la seguridad y salud ocupacional de la mayoría de países, entre ellos los iberoamericanos, está basada en las directrices de la OIT y, por tanto, en la norma OHSAS 18001.

Como ejemplo, en Perú se aprecia que el sistema descrito en la Ley 29783/2011 de Seguridad y Salud en el Trabajo y los elementos del Plan de Seguridad y Salud indicados en la Norma G.050 Seguridad durante la Construcción, tienen una estructura similar a la OHSAS 18001 [19, 20].

Por tanto, se debe implementar el Plan de Seguridad y Salud sobre la base de la estructura indicada en la OHSAS 18001:2007 para tener la mayor equivalencia posible y facilitar el benchmarking con proyectos de la misma empresa, con empresas competidoras y con empresas de otros países.

Este sistema se basa en la evolución de la teoría sobre la causalidad de los accidentes [21], definiendo a las causas inmediatas, causas básicas y a las fallas de control operacional como las causas raíz de los accidentes.

A su vez, las causas inmediatas se dividen en actos sub estándar y condiciones sub estándar y las causas básicas en factores de trabajo y factores personales.

La normativa de seguridad y salud de diversos países se basa en estos conceptos [8] y [22]. Las definiciones más relevantes de los mismos son:

- ◆ Factores Personales: limitaciones en experiencias, fobias y tensiones presentes en el trabajador.

- ◆ Factores del Trabajo: referidos al trabajo, las condiciones y medio ambiente de trabajo: organización, métodos, ritmos, turnos de trabajo, maquinaria, equipos, materiales, dispositivos de seguridad, sistemas de mantenimiento, ambiente, procedimientos, comunicación, entre otros.
- ◆ Acto estándar: es toda acción o práctica segura ejecutada por el trabajador.
- ◆ Acto sub estándar: es toda acción o práctica incorrecta ejecutada por el trabajador que puede causar un incidente o accidente.
- ◆ Condición estándar: es toda condición segura en el entorno.
- ◆ Condición sub estándar: es toda condición en el entorno del trabajo que puede causar un incidente o accidente.

En resumen, se podrían definir que los incidentes y accidentes tienen dos tipos de causas: por responsabilidad del empleador y por responsabilidad del trabajador.

El empleador debe verificar cada uno de los factores personales que afectan a trabajadores. Además de la realización de evaluaciones médicas y la facilitación de cursos de formación y capacitación, debe procurar los equipos de protección personal adecuados. Así mismo, debe garantizar el cumplimiento de los factores del trabajo y sus condiciones estándar. Sólo en esta situación, la responsabilidad en caso de accidente sería exclusivamente del operario.

En el caso fortuito de un incidente o accidente, sería el equipo de supervisión el encargado de la paralización de los flujos de trabajo.

2.2.2. NORMATIVIDAD EN ESPAÑA: REAL DECRETO 1627/1997

Según el artículo 8.1 del REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción [23], en todo el proceso el proyectista también deberá considerar los principios generales de prevención del artículo 15 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales [24], el cual se transcribe:

“Artículo 15. Principios de la acción preventiva

1. El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en el artículo anterior, con arreglo a los siguientes principios generales:

- a. Evitar los riesgos.
 - b. Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
 - c. Combatir los riesgos en su origen.
 - d. Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
 - e. Tener en cuenta la evolución de la técnica.
 - f. Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
 - g. Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
 - h. Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
 - i. Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
2. El empresario tomará en consideración las capacidades profesionales de los trabajadores en materia de seguridad y de salud en el momento de encomendarles las tareas.
3. El empresario adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
4. La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su adopción se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas, las cuales sólo podrán adoptarse cuando la magnitud de dichos riesgos sea sustancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras.
5. Podrán concertar operaciones de seguro que tengan como fin garantizar como ámbito de cobertura la previsión de riesgos

derivados del trabajo, la empresa respecto de sus trabajadores, los trabajadores autónomos respecto a ellos mismos y las sociedades cooperativas respecto a sus socios cuya actividad consista en la prestación de su trabajo personal.”

2.2.3. ELABORACIÓN DEL PROYECTO CONSIDERANDO LOS PRINCIPIOS DE PREVENCIÓN

El interrogante que queda patente es cómo se incorporan los principios de prevención al proyecto. Existen dos opciones [8]:

1. Anexar al documento principal el estudio (o estudio básico) de seguridad y salud, y referir su aplicación en cada una de las partes del proyecto.
2. Incorporar las instrucciones del estudio (o estudio básico) de seguridad y salud, referidas a los principios generales de prevención, en las partes correspondientes del proyecto, entendiéndose que se compatibilizarán las memorias, los planos, los pliegos de condiciones, las mediciones y los presupuestos de ambos.

Del análisis del RD 1627/1997 explicado en las líneas precedentes, se deduce lo siguiente:

- ♦ El proyecto integra la prevención en su origen mediante la aplicación del artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- ♦ El proyecto define cómo ha de realizarse la obra (incluidos los medios a utilizar para ello), siguiendo el plan de ejecución previsto.

Por lo tanto, es recomendable que el estudio de seguridad y salud y el proyecto se elaboren simultáneamente, para conseguir que ambos documentos mantengan una coherencia en materia prevención [8].

Desarrollar un ordenamiento metódico para que el proyectista cumpla de manera eficiente el artículo 8.1 del Real Decreto 1627/1997, es una asignatura pendiente del marco normativo y/o de las consultoras especializadas en esta materia, máxime, que con el tiempo aparecen nuevos agentes de la edificación que tienen relación con estas actuaciones. La integración del LPS y la OHSAS 18001:2007 es una alternativa viable en este cometido.

2.3. SINERGIA ENTRE EL LPS Y LA OHSAS 18001:2007

Se puede afirmar que los sistemas de gestión no necesitan competir entre sí y que todas las metodologías son compatibles si se usan adecuadamente [25].

Existen evidencias que demuestran que el LPS integra producción, seguridad y salud de manera óptima, mejorando simultáneamente los indicadores de dirección y gestión, y los índices de siniestralidad laboral [26], [27] y [28].

Teniendo en consideración, que debido a que son las cuadrillas de cada partida, las que usualmente deciden en obra como se va a estructurar el trabajo y a solucionar los imprevistos [29]; es vital que se realice en conjunto un análisis previo sobre estas posibles situaciones.

La utilidad del sistema queda comprobada con la medición

realizada durante un año en los proyectos estudiados en la ciudad de Medellín (Colombia), donde, cada vez que el sistema se implementaba, mejoraba el indicador PPC. El estudio realizado muestra un incremento en el cumplimiento de lo planificado desde el 65% en la primera semana de implementación del sistema hasta el 85% en la semana 25 [11].

El LPS por su naturaleza también permite mejorar los indicadores de siniestralidad de seguridad y salud. En un proyecto en Lima (Perú) el índice de gravedad disminuyó un 48% y el índice de frecuencia un 21% en 5 meses de obra [27].

De igual manera, en un estudio realizado en Noruega, se propuso un modelo exitoso que integraba los análisis de seguridad con el LPS como parte del objetivo de la compañía de reducir 4 de cada 5 accidentes a finales del 2015 [30].

Adicionalmente, otro estudio permitió determinar que varias herramientas de Lean Construction están relacionadas, directa o indirectamente, con algunas de las prácticas más comunes empleadas a la fecha en la Gestión de la Seguridad (Safety Management) [28].

Los diversos sistemas de gestión pueden compatibilizarse adaptando secuencias y procesos de manera flexible [25], lo que permite afirmar que el LPS tiene sinergia con los sistemas de seguridad y salud, basados en la OHSAS 18001:2007.

Estos últimos necesitan de un método eficaz para pasar de la planificación a la implementación y operación, verificación y revisión por la Dirección, ese método puede surgir de la compatibilidad evidente que existe con el LPS.

Por lo explicado anteriormente explicado y dada su

relevancia, el autor propone la integración del LPS y del sistema de gestión de la seguridad y salud. Una metodología de planificación colaborativa de los involucrados, que integre la producción y la seguridad y salud. En otras palabras, la gestión de los trabajos productivos y no productivos, y los actos y condiciones estándar y sub estándar, siempre con el máximo respeto por las personas [3].

La metodología debe incluir la medición simultánea de los indicadores de desempeño de producción, seguridad y salud, de su análisis se podría demostrar con mayor detalle la correlación que existe entre el LPS y la OHSAS 18001.

3. METODOLOGÍA DE INTEGRACIÓN PROPUESTA

3.1. INTEGRACIÓN DEL LPS, OHSAS 18001:2007 Y PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD

Debe tenerse en cuenta los modelos seguidos por los investigadores y capacitadores del LPS, que pueden ser puestos en marcha en reuniones del tipo taller o simulaciones [5], [31], [32] y [33].

Por otro lado, es conveniente formar y entrenar a los trabajadores en el LPS, la OHSAS 18001:2007 y el Plan de Seguridad y Salud simultáneamente, mediante estas reuniones de planificación colaborativa.

Es necesario seguir el mismo orden en que se generan los elementos del LPS (cronograma maestro, Phase Pull Planning, Lookahead, Programación Semanal y Diaria, y PPC y Análisis de Fiabilidad), y los requisitos de la OHSAS 18001:2007 (Planificación, Implementación y Operación, Verificación y Revisión por la Dirección), según se describe en la figura 4.

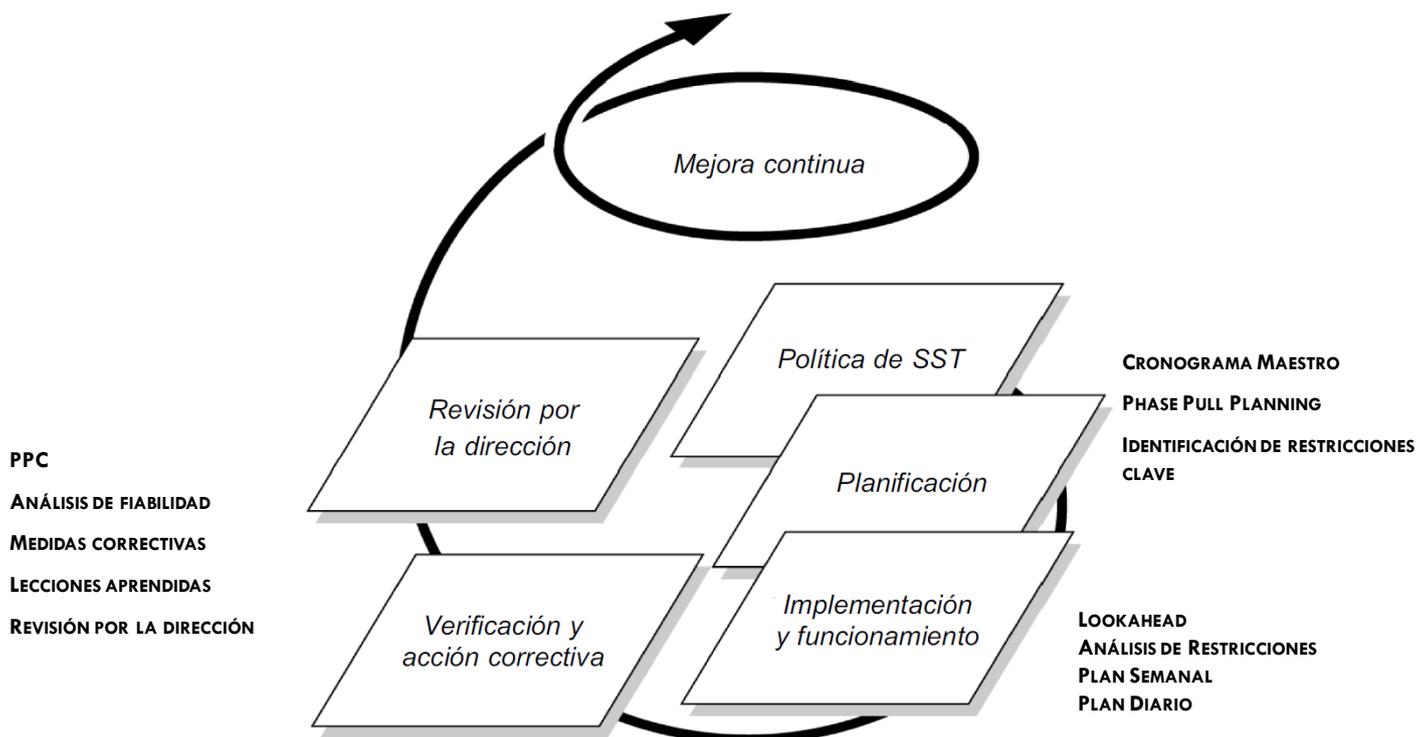


Figura 4: Integración del LPS y la OHSAS 18001:2007 (Adaptado de [1] y [18]).

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS

A continuación se describen cuatro de las principales actividades propuestas para integrar el LPS y la gestión de la seguridad y salud según la OHSAS 18001.

3.2.1. ACTIVIDAD 1: TREN DE ACTIVIDADES O TAKT-TIME

Como ejemplo, se usa la fase de ejecución de una estructura de hormigón armado. A continuación se muestra el listado de las actividades (procesos) verticales (en los pilares) y horizontales (en las vigas, forjados y escaleras):

- ◆ Proceso 1 (P1): elaboración y colocación de la armadura acero en pilares.
- ◆ Proceso 2 (P2): realización de las instalaciones de saneamiento, fontanería o gas en pilares.
- ◆ Proceso 3 (P3): realización de las instalaciones de electricidad, iluminación o climatización en pilares.
- ◆ Proceso 4 (P4): encofrado de pilares.
- ◆ Proceso 5 (P5): hormigonado de pilares.
- ◆ Proceso 6 (P6): desencofrado de pilares.

- ◆ Proceso 7 (P7): encofrado de fondo de vigas.
- ◆ Proceso 8 (P8): elaboración y colocación de armaduras de acero en vigas.
- ◆ Proceso 9 (P9): encofrado de forjados y escaleras.
- ◆ Proceso 10 (P10): elaboración y colocación de armaduras de acero en forjados y escaleras.
- ◆ Proceso 11 (P11): realización de las instalaciones de saneamiento, fontanería o gas en vigas, forjados y escaleras.
- ◆ Proceso 12 (P12): realización de las instalaciones de electricidad, iluminación o climatización en vigas, forjados y escaleras.
- ◆ Proceso 13 (P13): hormigonado de vigas, forjados y escaleras.

Como se ha explicado anteriormente, deben calcularse y acordarse las cantidades de recursos que se pueden ejecutar en un sector en un día de trabajo, de manera que las cuadrillas produzcan aproximadamente lo mismo cada día.

Asimismo, se debe acordar las actividades que se podrán ejecutar cada día en un sector de forma secuencial. Se muestra un ejemplo en la tabla 1.

DÍAS DE TRABAJO EN UN SECTOR	ACTIVIDADES	COMENTARIOS
DÍA 1	P1, P2, P3, P4, P5	Coordinar con la Dirección Facultativa los hormigonados diarios
DÍA 2	P6, P7, P8	Evaluar en la obra si se pueden adelantar procesos del DÍA 3
DÍA 3	P9, P10, P11, P12	Programar los trabajos de acero de manera que culmine primero las zonas donde existan instalaciones de saneamiento
DÍA 4	P13	Coordinar con la Dirección Facultativa los protocolos de prueba de las instalaciones previos al hormigonado

Tabla 1: Ejemplo de diseño del tren de actividades de fase para un sector genérico.

3.2.2. ACTIVIDAD 2: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y DETERMINACIÓN DE CONTROLES (IPERC)

En esta actividad, los trabajadores entienden el requisito número 4.3.1. IPERC de la OHSAS 18001:2007, acorde al tren de actividades descrito en el taller anterior.

La generación del tren de actividades es de gran ayuda para el empleo óptimo de la herramienta, pues permite la visualización de la ubicación de los sectores y sus condiciones de sitio. Con esta información es posible determinar los controles (medidas preventivas) de cada actividad, tales como los equipos de protección personal y colectiva, señalizaciones, capacitaciones específicas, plan de respuesta a emergencias y procedimientos de trabajo.

El proyecto de edificación deberá ser actualizado acorde a estos nuevos conceptos. Antes de hacer la implantación en obra, debe haberse actualizado la memoria descriptiva, los

planos, el pliego de condiciones y el plan de seguridad y salud, entre otros, bajo responsabilidad del Director de Obra. Todo ello es de especial relevancia en las actuaciones del Director de Obra, Director de Ejecución de Obra, Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución material y Jefe de Obra, entre otros, cuyas funciones están expresamente definidos en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) [34].

La regulación, por tanto, debería incorporar a este nuevo agente Lean Construction, que se estaría inmiscuyendo en las funciones y cometidos de otros agentes, que sí están expresamente definidos en la LOE [8] y [35].

3.2.3. ACTIVIDAD 3: PHASE PULL PLANNING

El cronograma general debe ser acorde con la planificación del proyecto de edificación. En él es posible establecer los plazos e hitos de todas las fases del proyecto. En el caso de

la fase de ejecución de estructuras de hormigón, estos serán datos de entrada del taller Phase Pull Planning [8] y [32].

Por otro lado, se revisan los documentos de planificación relevantes del sistema de gestión de seguridad y salud, tales como la política de la empresa, sus compromisos, objetivos, indicadores y metas de seguridad y salud, así como la descripción, entre otros, de:

1. Actividades rutinarias que se pueden reconocer mediante el mapa de procesos.
2. Actividades no rutinarias que se realizan con una frecuencia cercana a dos veces al año, por ejemplo: visitas, cortes de servicios, huelgas, situaciones de emergencia.
3. Actividades para las personas que tienen acceso al sitio de trabajo (incluyendo contratistas y visitantes), teniendo en cuenta su comportamiento, los servicios o productos que brindan y experiencia en la actividad.
4. Comportamiento humano, capacidades y otros factores humanos, debiendo considerarse las características del trabajo, la calidad del ambiente y las condiciones psicológicas y fisiológicas del trabajador.
5. Peligros identificados que se originan fuera del sitio de trabajo capaces de afectar adversamente la salud y seguridad de los trabajadores y visitantes dentro de la zona de obra.
6. Peligros creados en la vecindad del sitio de trabajo por actividades relacionadas con el trabajo bajo el control de la organización.
7. Infraestructura, equipos y materiales en el sitio de trabajo, que sean proporcionados por la organización u otro.
8. Cambios propuestos en la organización, sus actividades o materiales.

9. Modificaciones al sistema.
10. Obligación legal aplicable, relacionada con la evaluación de riesgos e implementación de los controles necesarios.
11. Diseño de áreas de trabajo, procesos, instalaciones, maquinaria/equipos, procedimientos operativos y trabajo de la organización, incluyendo su adaptación a capacidades humanas [17] y [18].

A continuación, es necesario el análisis de los trenes de actividades previstos por producción, y los recursos de cada tarea, para lo que es necesaria la discusión simultánea de las medidas preventivas que se deben implementar, tales como los equipos de protección personal, colectiva, señalización, entre otros.

Los operarios responderán de acuerdo a su experiencia y a la información recibida, lo que facilita la detección de restricciones importantes.

En su realización se utilizan rutinas de trabajos colaborativos que fomenten el entendimiento y la integración del grupo, tales como escribir la información de los trenes de actividades y las restricciones en papeles de notas de colores, colocados en paneles diseñados e implantados para las discusiones "face to face".

Cada cuadrilla, subcontrata o área de soporte tiene un tipo de papel de notas de color diferente. De esta forma los participantes aprenden más rápido los elementos del LPS.

Posteriormente obtiene la programación sin holguras de cada actividad de fase, se negocia y agregan las holguras para cumplir las condiciones de satisfacción, se verifican y actualizan los hitos del cronograma, y finalmente se firma un acta de acuerdo que tiene la fuerza de un contrato. (Fig. 5).

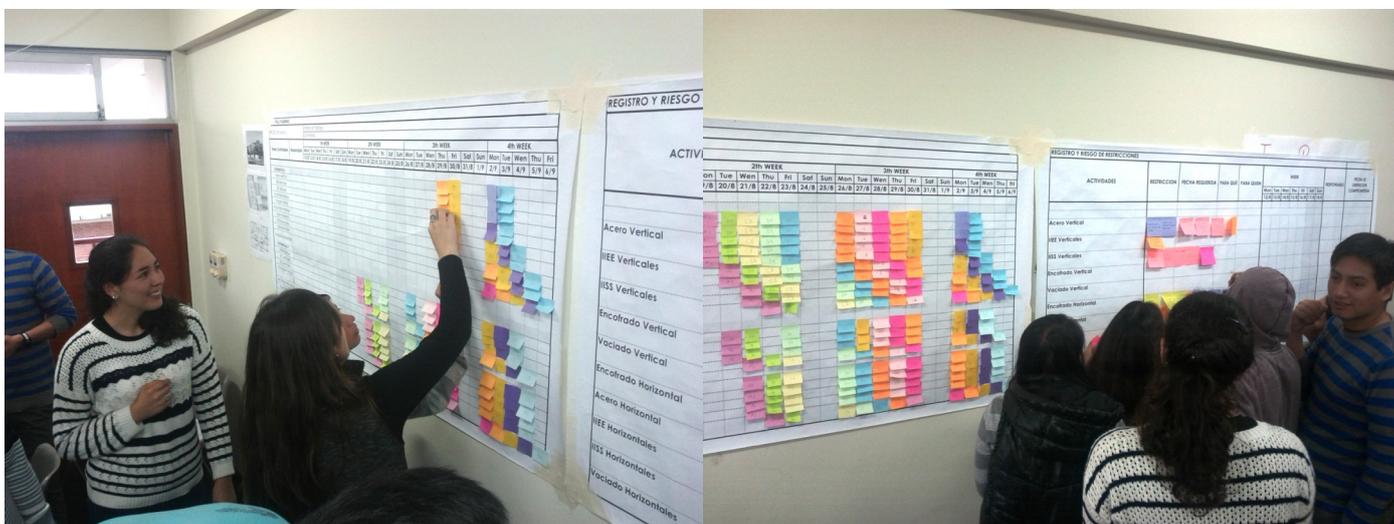


Figura 5: Ejemplo de desarrollo de reunión de Phase Pull Planning.

3.2.4. ACTIVIDAD 4: LOOKAHEAD, PROGRAMACIÓN SEMANAL, PROGRAMACIÓN DIARIA Y LECCIONES APRENDIDAS

Los trabajadores revisan la programación de fase acordada en el Phase Pull Planning e incrementan el nivel de detalle según las semanas que se van a programar, buscando que

los flujos no se detengan. Para ello, identifican y liberan de las restricciones de diseño a la primera semana del Lookahead (incluye información), componentes y materiales, mano de obra, equipos, espacio (zonas de trabajo), tarea previa, condiciones externas y medidas preventivas de seguridad y salud.

Por otro lado, es recomendable realizar un análisis de los indicadores de productividad de las obras precedentes y de los obtenidos en el presente proyecto. Asimismo, se sugiere revisar y analizar los indicadores de desempeño de seguridad y salud de las obras precedentes y de los obtenidos en la presente, tales como:

1. Índice de accidentalidad.
2. Índice de frecuencia.
3. Índice de gravedad.
4. Porcentaje de capacitaciones ejecutadas respecto a las programadas.
5. Porcentaje de reuniones ejecutadas respecto a las programadas.
6. Porcentaje de simulacros ejecutados respecto a los programados.
7. Porcentaje de auditorías ejecutadas respecto a las programadas.
8. Porcentaje de inspecciones ejecutadas respecto a las programadas.
9. Porcentaje de exámenes ocupacionales ejecutados respecto a los programados.
10. Porcentaje de registros obligatorios ejecutados respecto a los programados.
11. Porcentaje de registros no obligatorios ejecutados respecto a los programados.
12. Porcentaje de uso de equipos de protección personal ejecutados respecto a los programados.
13. Porcentaje de implantación de equipos de protección colectiva ejecutados respecto a los programados.
14. Porcentaje de documentos controlados ejecutados respecto a los programados.
15. Porcentaje de monitorización de agentes ejecutados respecto a los programados.
16. Porcentaje de monitorización de agentes ejecutados respecto a los programados.
17. Número de accidentes de trabajo por año y por obra.
18. Número de faltas de conformidad encontradas en las inspecciones, análisis del origen de la causa y medidas correctivas.
19. Número de faltas de conformidad encontradas en las auditorías internas, análisis del origen de la causa y medidas correctivas.
20. Número de trabajadores que informan de incidentes respecto del total.
21. Número de horas de charlas de seguridad y salud respecto de las horas-hombre trabajadas.

22. Número de monitorizaciones realizadas por año y por obra.

Se destaca el análisis del origen de las causas raíz de los incumplimientos, a fin de adoptar medidas correctivas.

Cuando los participantes revisan el tren de actividades acordado en el Phase Pull Planning y los recursos de cada tarea, se discute simultáneamente las medidas preventivas que se deben implementar, tales como los equipos de protección personal, colectiva, señalización, capacitaciones y entrenamientos, entre otros.

Al igual que sucedía en el Phase Pull Planning, será de vital importancia la experiencia apartada por los operarios, apoyada en la y la información recibida durante su formación, que facilita la detección de restricciones importantes. Asimismo, también es posible la utilización de rutinas de trabajos colaborativos tales como escribir la información del tren de actividades y las restricciones en papeles de notas de colores, para posteriormente colocarlos en los paneles.

Las discusiones "face to face" son muy recomendables. Previsiblemente, al tener experiencias previas en el uso de estas herramientas las reuniones tendrán menor duración.

Adicionalmente, debe planificarse el uso de holguras y tareas suplentes en caso de imprevistos. Finalmente, se elabora un programa de las actividades que se puede efectuar en cada día de la semana, incluyendo las medidas preventivas de manera integrada. Los responsables de la ejecución deben comprometerse a cumplir las actividades programadas como un objetivo prioritario. Se repite el ciclo semana a semana.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se han identificado y descrito las principales herramientas, técnicas y prácticas del Last Planner System (LPS), así como se ha puesto en relieve que su implantación tiene relación con la mejora de los indicadores de seguridad y salud.

Por otro lado, se ha demostrado como la legislación relacionada a seguridad y salud de la mayoría de países, entre ellos España y Perú, está basada en las directrices de la OIT y, por tanto, en la norma OHSAS 18001, concluyendo que el LPS y la OHSAS 18001 tienen sinergias evidentes.

En esta línea, se ha propuesto una metodología de integración del LPS y del sistema de gestión de la seguridad y salud del proyecto sobre la base de la planificación colaborativa de los involucrados, siguiendo la secuencia de los elementos del LPS y los requisitos de la OHSAS 18001. El proceso incluye la medición simultánea y análisis de los indicadores de desempeño de producción, seguridad y salud.

El método propuesto mejora la integración y el trabajo colaborativo del área de producción y de soporte de seguridad y salud, con actividades que representan una inversión de bajo coste, que pueden ser reproducidas fácilmente, expandiendo la filosofía de Lean Construction y la correcta implantación de la prevención de riesgos laborales.

5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Como futuras líneas de investigación se propone:

1. Implementar la metodología propuesta en todas las fases del proyecto (planificación, implementación y operación, verificación y revisión por la dirección), obteniendo simultáneamente los indicadores de producción, seguridad y salud, analizando si existe correlación entre ellos y difundiendo las mejores prácticas. De momento, se tienen evidencias de mediciones separadas en la literatura, por lo que es pertinente la medición simultánea.
2. Enseñar el método propuesto en el pregrado y posgrado de las carreras de ingeniería civil, ingeniería de edificación y arquitectura, y medir su impacto en los alumnos, y en la industria que los acogerá.
3. Automatizar y sistematizar la medición simultánea de los indicadores de producción, seguridad y salud mediante software y tecnología (drones, sensores, análisis digital de imágenes de vídeo, etc.), disminuyendo los procesos manuales que suelen ser una barrera para hacer disruptivos en la industria.

6. AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a los miembros del grupo de investigación GETEC de la PUCP por sus valiosos comentarios que enriquecieron el artículo.

7. REFERENCIAS

- [1] G. Ballard, (2000). The Last Planner System of Production Control, Ph.D. Dissertation, School of Civil Engineering, University of Birmingham, U.K., May, 192 pp.
- [2] X. Brioso, (2011). Applying Lean Construction to Loss Control. 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Lima, Peru, 13-15 Jul 2011.
- [3] G. Howell, G. Ballard and Demirkesen, S. (2017). Why Lean Projects Are Safer. 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Heraklion, Greece, 9-12 Jul 2017.
- [4] C.C. Tsao, J. Draper and G.A. Howell, (2014). An Overview, Analysis, and Facilitation Tips for Simulations That Support and Simulate Pull Planning. 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Oslo, Norway.
- [5] T.D.C.L. Alves, C. Milberg and K.D. Walsh, (2010). Exploring Lean Construction Practice, Research, and Education. 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Haifa, Israel.
- [6] G. Ballard, (1994). The Last Planner. Lean Construction Institute.
- [7] Lean Construction Institute (2014). Disponible en: <http://www.leanconstruction.org> Visita 30/04/14.
- [8] X. Brioso, (2015), El Análisis de la Construcción sin Pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: Propuesta de Regulación en España y su Inclusión en la Ley de la Ordenación de la Edificación. PhD thesis. Technical University of Madrid, Spain, 2015.
- [9] T. Saurin, et al. (2001), Integrating Safety into Production Planning and Control Process: An Exploratory Study. 9th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Singapore, Singapore.
- [10] L.F. Alarcón, (2012). Last Planner System™, GEPUC, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [11] L. Koskela, (2000). An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction. PhD Dissertation, VTT Building Technology, Espoo, Finland. 296 pp.
- [12] G. Howell, G. Ballard, T. S. Abdelhamid, and P. Mitropoulos, (2002), Working Near the Edge: A New Approach to Construction Safety. 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Gramado, Brazil.
- [13] L. Botero, y M. Álvarez, (2005). Last Planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción: Estudio del caso de la ciudad de Medellín. Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte. Número 17 Enero-Junio, 2005, pp. 148-159.
- [14] X. Brioso, A. Humero and S. Calampa, (2016). Comparing Point-to-Point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A Housing Project of Highly Repetitive Processes Case Study. Procedia Engineering, 164 (2016) 12–19.
- [15] A. Frandson, K. Berghede & I.D. Tommelein, (2013). Takt-Time Planning for Construction of Exterior Cladding. 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil.
- [16] W.J. Hopp and M.L. Spearman, (2008). Shop Floor Control. Factory Physics, Waveland Press, Long Grove, IL, p. 495.
- [17] L. Barandiarán, (2014). Propuesta de un sistema de gestión de seguridad y salud para una empresa constructora de edificaciones. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [18] OHSAS Project Group (2007). OHSAS 18001: 2007 Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional - Requisitos. Madrid: AENOR.
- [19] Ley N° 29783 — 2011 (2011). Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, y modificatorias. Ministerio de Trabajo. Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
- [20] Norma G.050 Seguridad durante la Construcción (2009), Reglamento Nacional de Edificaciones - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
- [21] H. W. Heinrich, (1931). Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach. New York: McGraw-Hill.
- [22] X. Brioso, (2005). Gestión de Seguridad en Proyectos de Construcción según la Extensión del PMBOK Guide del PMI. Caso Español. Congreso: PMI Global Congress 2005 - Latin América, Panamá, Project Management Institute (PMI).
- [23] Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- [24] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- [25] X. Brioso, (2015). Integrating ISO 21500 Guidance on Project Management, Lean Construction, and PMBOK. Procedia Engineering, 123 (2015) 76 – 84.
- [26] A. Leino and J. Elfving, (2011). Last Planner and Zero Accidents Program Integration - Workforce Involvement Perspective. 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Lima, Peru.
- [27] X. Brioso, (2013). Integrando la Gestión de Producción y Seguridad. XII Congreso Latinoamericano de Patología y XIV Congreso de Calidad de la Construcción - CONPAT 2013. Cartagena, Colombia, 30 Sep-4 Oct 2013. Cartagena, Colombia: ALCONPAT Internacional.
- [28] E.I. Antillon, L.F. Alarcon, M.R. Hollowell and K.R. Molenaar, (2011). A Research Synthesis on the Interface Between Lean Construction and Safety Management. 19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Lima, Perú.
- [29] P. Mitropoulos, G. Cupido and M. Namboodiri, (2007), Safety as an Emergent Property of the Production System: How Lean Practices Reduce the Likelihood of Accidents. 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Michigan, USA.

- [30] S. Aslesen, et al. (2013), Integrating Safety Analyses in Production Planning and Control – a Proposal. 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil.
- [31] W. Nofera, T. Abdelhamid and A. Lahouti, (2015). Teaching Lean Construction for University Student(s), *Lean Construction Journal*, 2015 Issue. pp 34-44
- [32] X. Brioso, (2015). Teaching Lean Construction: Pontifical Catholic University of Peru Training Course in Lean Project & Construction Management. *Procedia Engineering*, 123 (2015) 85 - 93.
- [33] J. Edmonstone, (2003). *The Action Learner's Toolkit*, Aldershot, Gower Publishing.
- [34] Ley 38/1999, de 5 de noviembre. Ley de Ordenación de la Edificación.
- [35] X. Brioso and A. Humero, (2016). Incorporating Lean Construction agent into the Building Standards Act: the Spanish case study. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*, 8 (2016), Issue 1, pp. 1511 - 1517.

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.



Economic assessment of energy efficiency investments in dwellings

Evaluación económica de inversiones de eficiencia energética en viviendas

HÉCTOR HERNÁNDEZ

Universidad Central de Chile, Obras Civiles y Construcción, Santa Isabel 1186, 8330601, Santiago de Chile. E-mail: hhernandezl@ucentral.cl

- ◊ The literature in appraisal of dwelling energy efficient investments is investigated, founding two approaches and examples.
- ◊ Five cases from publications are tackled finding that the static approach is more frequent than the dynamic approach.
- ◊ Literature shows that dynamic approach should be preferred, but its use is scarce.

In order to improve the energy performance of buildings, the need to value economically investments of energy efficiency associated with the rehabilitation of dwellings arises. This point of view provides an useful tool for analysts who start in the economic appraisal of energy efficiency investments. The present research gives a conceptual framework for the economic assessment of these types of investments in dwellings. As a result, it is possible to identify two techniques in the appraisals of this nature: dynamic and static approaches. Both methods contrast the benefits (energy savings) with the costs of investments over time. However, they differentiate the opportunity and the moment when investment must be carried out given an uncertainty scenario. This conceptual precision allows the study of several publications where different alternatives in retrofitting houses were evaluated, confirming the considerations that must be taken into account when economic modelling is made: the type of approach to be used (dynamic or static) and; at the definition of the investment alternatives and scenarios, the aspects of time, irrevocability and uncertainty.

Dwelling efficiency energy; Energy efficiency investments; Energy retrofit; Economic appraisal

- ◊ Se ha investigado la literatura en la evaluación de las inversiones en eficiencia energética de viviendas, encontrando dos enfoques y ejemplos.
- ◊ Se han abordado cinco casos de publicaciones, observándose que el enfoque estático es más frecuente que el dinámico.
- ◊ La literatura muestra debe preferirse el enfoque dinámico, pero su uso es escaso.

En pro de la mejora del desempeño energético de los edificios, surge la necesidad de evaluar económicamente las inversiones de eficiencia energética asociadas a la rehabilitación de viviendas. Este punto de vista trata de ser una herramienta útil para analistas que se inicien en la evaluación económica de inversiones en eficiencia energética. La presente investigación muestra un marco conceptual de la evaluación económica de este tipo de inversiones en viviendas. Como resultado, es posible identificar dos enfoques presentes en los análisis económicos de esta naturaleza: el dinámico y el estático. Ambos métodos contrastan los beneficios (ahorros energéticos) con los costes de las inversiones en el tiempo. Sin embargo, diferencian la oportunidad y el momento en que la inversión debe realizarse dado un escenario de incertidumbre. Esta precisión conceptual permite estudiar varias publicaciones donde se evaluaron diferentes alternativas de reacondicionamiento en viviendas, confirmando las consideraciones que deben tenerse presentes en momento de realizar la modelación económica: el tipo de enfoque a usar (dinámico o estático) y, en la definición de las alternativas de inversión y escenarios, los aspectos de tiempo, irrevocabilidad e incertidumbre.

Eficiencia energética de la vivienda; Inversiones en eficiencia energética; Reacondicionamiento energético; Evaluación económica

1. INTRODUCCIÓN

Los combustibles fósiles siguen siendo la forma dominante de energía que impulsa la expansión global, proporcionando alrededor del 60% de la energía adicional y representando casi el 80% del total de suministros de energía al 2035 [1]. Así los edificios, que representan aproximadamente el 40% del consumo mundial de energía, desempeñan un papel

importante en el mercado de la misma; siendo responsables de un tercio de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero GEI relacionados con la energía, y se cree que representan aproximadamente las tres cuartas partes de las emisiones mundiales de GEI [2].

Por otra parte, el calentamiento global ha afectado seriamente el desempeño y sustentabilidad de los edificios, especialmente en términos de consumo de energía; donde la

energía consumida y las emisiones de dióxido de carbono de los edificios se espera aumenten drásticamente durante la vida operacional de los mismos [3].

Esto abre desafíos significativos en el campo de la edificación, sobre todo durante la etapa de operación; ya que la fase principal del ciclo de vida de las edificaciones en términos de demanda energética y emisiones de dióxido de carbono al ambiente. Para un caso de estudio chileno, la energía calculada sobre un horizonte de 50 años en un análisis de ciclo de vida representó el 89% de la energía asociada al edificio [4].

Lo anterior justifica la necesidad de hacer a las viviendas más eficientes, evidenciando el potencial de las inversiones en eficiencia energética de las mismas, donde el reacondicionamiento térmico de las envolventes y la modernización de los sistemas de instalaciones no solo buscan mejorar las condiciones de confort habitacional, sino idealmente prescindir del uso de energía no renovable (edificios energía cero o edificio energía neta cero).

Este consumo energético, al igual que los ahorros derivados de las mejoras en eficiencia energética, es complejo de estimar debido a su dependencia de muchas variables; principalmente, de la severidad climática, de la intensidad en el uso y de las características propias de las viviendas (envolvente y sistemas de instalaciones).

Los ahorros en energía son el principal *input* en las evaluaciones económicas y su complejidad de estimación refleja la incertidumbre en los resultados esperados.

A modo de ejemplo, se puede citar la diferencia que presenta la estimación del consumo de energía para generar las condiciones de confort térmico en viviendas para España y para la UE, que se estima representan el 43% y 67% del total de energía consumida por la vivienda respectivamente [5].

Es claro que a mayor severidad climática y menor desempeño de la vivienda el consumo de energía aumenta, de ahí la importancia de reacondicionar las viviendas que no presentan una dotación de rendimiento energético (Energy Performance Endowment EPE) adecuado.

El EPE hace referencia a un amplio rango de atributos (tamaño, compacidad, etc.) y elementos (componentes, equipamiento, etc.) que tienen un impacto sobre el consumo de energía posterior en el edificio [6].

Por tanto, las inversiones en eficiencia energética buscan mejorar el EPE de las viviendas; cuyo valor de inversión, costo de capital, gastos operacionales, vida útil, ahorros energéticos, entre otras variables vinculadas a la mejora, son *inputs* a considerar en las evaluaciones económicas de eficiencia energética.

El nivel de inversión en EPE dependerá, entre otras cosas, de la magnitud de la rehabilitación, de la tecnología asociada, de la adaptabilidad de las mejoras a la vivienda y del momento en que se realiza la mejora. En este contexto, una variedad de métodos pueden usarse para evaluar la

viabilidad económica de las mejoras en una vivienda. El valor presente neto (Net Present Value NPV), la tasa interna de retorno (Overall Rate of Return ORR), relación de coste-beneficio (Benefit Cost Ratio BCR), el periodo de recuperación descontado (Discounted Payback Period DPP) o un simple periodo de recuperación (Simple Payback Period SPP) pueden ser usados para evaluar la factibilidad económica de medidas de mejora en las viviendas donde se ha identificado que el NPV es la técnica más usada [7].

Sin embargo, algunos estudios muestran que los resultados de las conclusiones basadas en estos métodos pueden ser erróneas y engañosas, principalmente por dos razones:

- ♦ primero, pocos estudios dedican suficiente atención a los beneficios no monetarios y a los costes relacionados con la calidad energética de los edificios y;
- ♦ la segunda razón es metodológica: cuando las inversiones abarcan un grado significativo de irrevocabilidad económica, hay que tener en cuenta este factor pues las inversiones en EPE son altamente irrevocables y pocos evaluadores están familiarizados con la irrevocabilidad y su análisis. Verbruggen et al. [6] establecen que una metodología adecuada - segunda razón - para la toma de mejores decisiones debe considerar tres esferas de análisis: el tiempo futuro, la incertidumbre y la irrevocabilidad bajo un enfoque dinámico para evitar respuestas erróneas en los análisis del NPV.

Consecuentemente, la presente publicación presenta los métodos de evaluación de inversiones en eficiencia energética útiles en los análisis económicos de propuestas que permitan mejorar el desempeño energético de viviendas con bajo nivel de EPE; esperando ser una herramienta útil para analistas que inicien en la evaluación económica de inversiones de eficiencia energética en viviendas.

Para esto se proponen los siguientes objetivos:

- a. Definir un marco referencial respecto a la evaluación económica de inversiones en eficiencia energética.
- b. Estudiar publicaciones recientes donde se evalúen inversiones privadas de eficiencia energética en edificaciones y seleccionar algunas convenientemente para su revisión y análisis.
- c. Concluir respecto a las metodologías usadas y a las consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de evaluar inversiones de eficiencia energética en viviendas.

2. METODOLOGÍA

Se ha estudiado la bibliografía respecto a los métodos existentes para la evaluación económica de inversiones en eficiencia energética, que permite establecer un marco conceptual para la revisión de algunas publicaciones recientes donde se evalúan económicamente alternativas de inversión privada de eficiencia energética en edificaciones.

Las publicaciones se han recogido de importantes revistas del área de energía (Energy and Buildings, Applied Energy, entre

otras), para las cuales se han revisado las metodologías usadas y se han seleccionado algunas convenientemente para su análisis (dos donde se plantea claramente los métodos dinámico y estático en la evaluación de inversiones de eficiencia energética en viviendas y otras tres donde se evalúa la rehabilitación de la envolvente o cambios en los sistemas de instalaciones de las viviendas) con la finalidad de concluir sobre aspectos relevantes en la evaluación privada de inversiones de eficiencia energética en viviendas.

3. CONSIDERACIONES EN LAS EVALUACIONES DE INVERSIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El tiempo futuro, la incertidumbre y la irrevocabilidad corresponden a una trilogía que, de acuerdo a Verbruggen et

al [6] y [8], siempre debe estar presente en la evaluación económica de inversiones de eficiencia energética en viviendas. Así, el dueño de hogar que desea invertir en una mejora de eficiencia energética está evaluando una decisión futura, donde por definición el futuro es incierto o desconocido. En esto evidencia el “tiempo futuro” y la “incertidumbre” vinculadas a la decisión de invertir en eficiencia energética. Sin embargo, el concepto de “irrevocabilidad” es algo más complejo de identificar y está asociado fuertemente a las características del atributo o de la inversión en eficiencia energética. La figura 1 muestra, a través de domos de complejidad, la relación entre lo que Verbruggen define como desconocimiento o duda (doubt), tiempo futuro (time) y la irrevocabilidad (irrevocability). A continuación se describe cada uno de ellos para una mejor comprensión de estos conceptos.

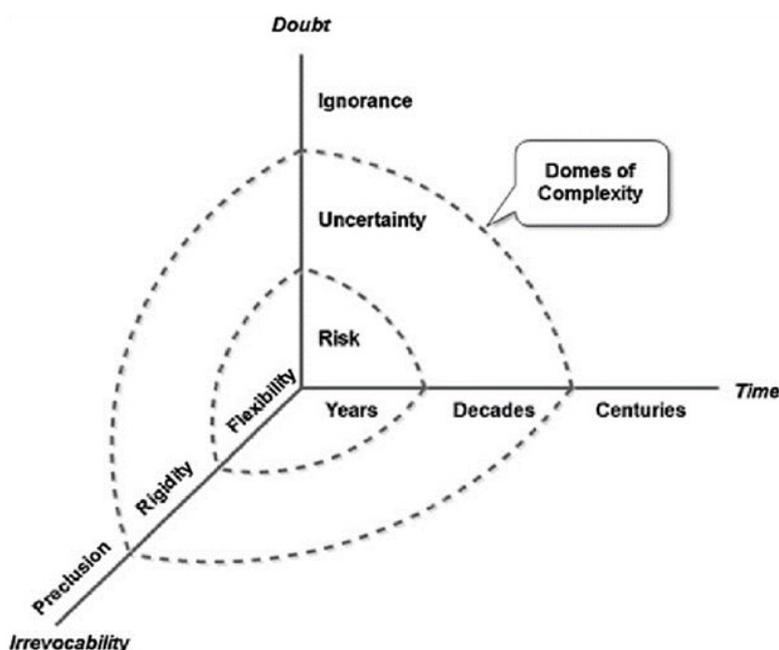


Figura 1: Tridimensionalidad para la contextualización de inversiones en eficiencia energética. Fuente: Verbruggen [8].

3.1. EL TIEMPO FUTURO

Cuando el dueño de hogar decide invertir en una mejora de eficiencia energética lo hace mirando hacia el futuro, pues no puede decidir sobre el pasado. Esta decisión, o las repercusiones de esta decisión, pueden tener impactos hoy, mañana o mucho más lejos en el tiempo. En el eje “Time” de la figura 1, se aprecia la graduación del futuro que define Verbruggen, la que va de años a siglos [8]. En este contexto, hay tres aspectos importantes a considerar en la inversión de eficiencia energética vinculadas al “tiempo futuro”, que son:

- El momento en que se realiza la inversión (hoy, mañana o un año más tarde, o mucho más allá).
- El horizonte de la inversión (vida útil de la inversión).
- El coste del capital, es decir, la tasa de descuento que es aplicada en las evaluaciones económicas de inversiones en eficiencia energética basadas en el NPV.

La ecuación (1) representa el NPV para una inversión de

eficiencia energética. Donde I_0 representa la inversión hoy de una alternativa A de eficiencia energética (o el Valor Presente de todos los Costes de dicha alternativa PVC_A); la cual debe ser compensada por el valor presente de todos los beneficios futuros que acarree dicha alternativa de inversión PVB_A descontados a una tasa d , para lograr en el límite de aceptación que el NPV sea igual a cero ($I_0 = PVB_A$). En esto se evidencia el poder de la tasa descuento d , que al ser positiva y significativa, mostrará valores pequeños para PVB_A en relación a la inversión cuanto más allá se perciban estos beneficios en el horizonte de análisis H . Esto debido al crecimiento exponencial del factor $(1+d)^n$, donde n es el momento del tiempo en que se evidencian los beneficios futuros B_n .

$$NPV = -I_0 + PVB_A; \quad \text{donde } PVB_A = \sum_{n=1}^H \frac{B_n}{(1+d)^n} \quad (1)$$

En este sentido, y sobre todo en inversiones de eficiencia energética cuyos beneficios se reflejan a mayor plazo, la tasa de descuento d es un parámetro significativo que puede hacer inviables las inversiones ($NPV < 0$) o que el periodo de recuperación de la inversión (SPP) sea tardío. En la misma dirección, Weitzman [9] sugiere incorporar tasas de descuento decrecientes en cualquier metodología costo-beneficio para evaluar proyectos con impacto ambiental a largo plazo.

Así, propone una tasa "normal baja" real para los primeros 25 años entre 3-5%, una tasa de interés instantáneo de 2% para periodos entre 25 y 75 años y , una tasa de interés instantáneo de 1% para periodos entre 75 años a 300 [10].

3.2. EL DESCONOCIMIENTO O DUDA

Verbruggen establece que hay dudas (doubt) vinculadas al proceso de inversión en edificios, dudas vinculadas a nuestro desconocimiento sobre los eventos que pueden ocurrir y sobre la probabilidad de ocurrencia de estos eventos futuros; estableciendo una línea de duda - "doubt" que define tres grados de desconocimiento: el riesgo, la incertidumbre y la ignorancia (ver figura 1). En este proceso la mayoría del desconocimiento pertenece a la clase baja de riesgo. El riesgo puede ser estudiado y medido para identificar los eventos que pueden tener un impacto sobre el proyecto y su probabilidad de ocurrencia.

La incertidumbre proviene de cambios repentinos en los sistemas políticos, sociales, económicos y técnicos que afectan el proyecto del inversionista, eventos que pueden estudiarse pero con muy poca información acerca de sus probabilidades, por ejemplo cuando el cambio climático propende a cambios drásticos en los precios futuros de los combustibles fósiles y de la red de energización.

Por otro lado, la ignorancia es profundamente problemática, ya que no se pueden pronosticar los eventos futuros y , con mayor razón, tampoco sus probabilidades. Por ejemplo, la aparición de tecnologías futuras o impactos catastróficos provocados por el cambio climático o por accidentes nucleares [6] y [8]. Así, la línea de duda es graduada a partir del conocimiento que se tenga sobre eventos futuros, considerando la posibilidad de pronosticar el evento y su probabilidad (ver tabla 1).

<i>Depth of doubt</i>	<i>Events</i>	<i>Probabilities</i>
<i>Risk</i>	X	X
<i>Uncertainty</i>	X	?

Tabla 1: Niveles de profundidad de la duda: Riesgo, incertidumbre e ignorancia. Verbruggen et al. [6]

Consecuentemente, es esperable que las modelaciones o evaluaciones de las inversiones en eficiencia energética en general contengan aspectos de riesgo, menos frecuente aspectos de incertidumbre y difícilmente aspectos de ignorancia, aunque estos eventos afecten las decisiones o los resultados de inversiones en eficiencia.

3.3. LA IRREVOCABILIDAD

La irrevocabilidad es un atributo de cada decisión y como su definición revela es: "una asignación irrevocable de recursos" y presenta diferentes grados [8]. Verbruggen explora el concepto de la irreversibilidad en la economía y muestra que se requiere de una métrica viable para medir los grados de irrevocabilidad. Las métricas factibles se basan en los costes de reversión implícitos en un momento dado en el futuro para "deshacer" una decisión anterior. "Deshacer" se considera factible al aceptar la sustituibilidad de todos los tipos de bienes y valores.

Los edificios están hechos de elementos y materiales sustituibles (ventanas, muros, pavimentos, equipamiento, etc.) y deshacer una asignación de recursos pasada es técnicamente factible a un coste que puede ser estimado [6] y [8].

La figura 1 muestra los 3 grados de irrevocabilidad: flexibilidad (irrevocabilidad débil), rigidez (irrevocabilidad media) y preclusión (irrevocabilidad fuerte). En este último se imposibilitan los cambios o el deshacer un atributo en una vivienda dado los altos costes de reversión involucrados en la decisión.

La figura 2 muestra la distribución de los costes de reversión o costes de deshacer una decisión de inversión en una vivienda en el horizonte de tiempo para los tres grados de irrevocabilidad.

- ♦ Una irrevocabilidad fuerte (preclusión) es cuando los costes de inversión en el futuro permanecen por encima de los costes iniciales de referencia (el punto de referencia para clasificar la irrevocabilidad es el coste de inversión en el tiempo 0), pero decaen el tiempo.
- ♦ Una irrevocabilidad media (rigidez) es cuando el costo de deshacer es más alto que los costos iniciales en tiempo cero y durante algunos años, pero luego caen por debajo de los costos iniciales.
- ♦ Una irrevocabilidad débil (flexibilidad) es cuando la inversión podría deshacerse a un valor igual o menor que los costos iniciales.

El costo de reversión o deshacer no solo considera el costo de remoción o demolición de un elemento de la vivienda (cambio en la decisión original), sino también el costo de la inversión si este representa un costo hundido (no se puede revender o transar), el que decae en el tiempo debido a la depreciación de la inversión.

Como ejemplos, la construcción de un sistema geotérmico que requiera pasar tuberías por debajo de la vivienda que ya está construida presenta una irrevocabilidad fuerte (preclusión); el cambio de ventanas por unas de menor transmitancia térmica o el aislamiento de la techumbre en la vivienda presentan una irrevocabilidad media (rigidez) y ; el deshacerse de un equipo que no puede ser revendido pero que no genera costos de remoción en la vivienda representa una revocabilidad baja (flexibilidad).

Cuando no existe costo de remoción de un elemento (suponga también un equipo) y este puede ser reutilizando o vendido al

precio inicial pagado o a su valor residual durante su vida útil (valor depreciado), la decisión es totalmente revocable en todo momento y representa la abscisa en el gráfico de la figura 2.

Consecuentemente, si no es considerada la irrevocabilidad en las decisiones de construcción, las consecuencias en el futuro podrían establecer cambios prohibitivos en la vivienda debido al monto de recursos involucrados.

Verbruggen et al [6] establecen que las características de irrevocabilidad de las inversiones en eficiencia energética estimulan la generación inmediata de edificios muy eficientes (pasivos) en lugar de edificios estándares que obedecen a la construcción y que en su mayoría son aconsejados sobre la base metodológica convencional del NPV o análisis de costos en el ciclo de vida LCC (Life Cycle Cost).

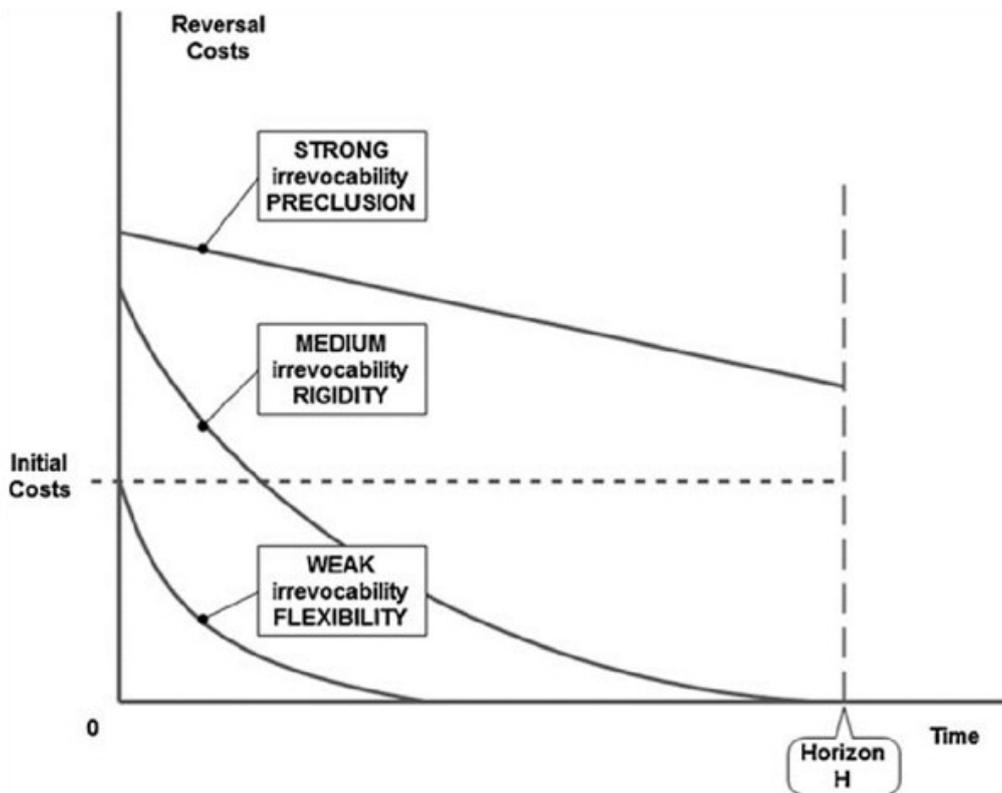


Figura 2: Costos de reversión sobre el tiempo como medida de irrevocabilidad. Fuente: Verbruggen [8].

4. VIVIENDAS CON BAJO EPE

Verbruggen et al [6] y [8] introducen el concepto de “Energy Performance Endowment” para una vivienda, poniendo énfasis en la palabra “Endowment” (Dotación o cualidad) y extendiendo el concepto asociado a “Energy Performance” de la Directiva de la UE.

EPE es la capacidad incorporada (compuesta por atributos, estructuras, instalaciones, equipos, etc.) de un edificio que en gran medida determinan el uso de energía entregada a la vivienda para cubrir las funciones deseadas por sus ocupantes. “Endowment” comprende, por ejemplo, la orientación, la compacidad, elementos de construcción pasiva, el aislamiento y la estanqueidad al aire, las celosías de sombreado, equipos de distribución de calor, sensores, medidores, etc.

Esta dotación o cualidad en los edificios permitirán minimizar el uso de los recursos o gestionar su uso (piense, por ejemplo, en la utilización de un medidor de consumo o en el cambio de orientación de las celosías de una ventana en invierno).

La palabra “Endowment” está estrechamente vinculada a la

inversión de eficiencia energética en una vivienda (incorporar un intercambiador de calor, mejorar el aislamiento en muros, incorporar un colector solar, modernizar ventanas, etc.) y, por tanto, puede presentar diferentes grados de irrevocabilidad conforme al apartado 3.3.

De este modo, y definiendo una clasificación para el EPE, será más sencillo identificar oportunidades de mejora en viviendas con pobre (bajo) o mediocre EPE y, contrariamente, más complejo en viviendas con excelente EPE. Ahora bien, es importante destacar que independiente del nivel de EPE que presente la vivienda, la irrevocabilidad de la mejora puede ser débil, media o fuerte.

Consecuentemente, una vivienda con bajo EPE presenta atributos (tamaño, compacidad, etc.) y elementos (componentes de envolvente, equipamiento, etc.) que exhiben un bajo o inadecuado impacto sobre el consumo energético posterior [6] y [8]. Así, una vivienda que exhibe pocas oportunidades de mejoras en eficiencia energética (edificios energía cero o edificio energía neta cero) y otra que presenta muchas oportunidades de mejoras podrían definir los límites en la graduación del EPE.

5. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE INVERSIONES DE EFICACIA ENERGÉTICA

El estudio bibliográfico muestra dos métodos usados en las evaluaciones de inversiones en eficiencia energética en viviendas. Uno denominado evaluación convencional o estática y otro denominado modelo secuencial de decisión o dinámico. Estos métodos se detallan a continuación.

5.1. EVALUACIÓN ESTÁTICA O CONVENCIONAL

La evaluación estática es aquella que sustenta la decisión de “invertir ahora o nunca” (escoger o perder) a partir de la metodología del NPV, que sumada a la generación de diferentes escenarios probables evalúa diferentes alternativas de inversión.

Así, el futuro es modelado por combinaciones de eventos y acciones, sea por ejemplo, la posible ocurrencia de k diferentes eventos (escenarios) S_i $\{i = 1, \dots, k\}$ y la disponibilidad de m diferentes alternativas de inversión en eficiencia energética A_j $\{j = 1, \dots, m\}$ para, por ejemplo, lograr reducir cierta cantidad de energía consumida por la vivienda al año en kWh/m² o las alternativas viables definidas por una restricción presupuestaria o de otro tipo.

De esta manera, se puede determinar el NPV (S_i, A_j) para todas las combinaciones $k \times m$ que pueden ser estimadas en una hoja de cálculo (ver tabla 2) o partir de un modelo probabilístico más sofisticado (Simulación Montecarlo), pues cada escenario tendrá una probabilidad de ocurrencia P_i [6]. En este sentido, dos criterios de decisión conservadores suelen usarse [6] y [11]:

1. Maximizando el mínimo NPV de los diferentes escenarios propuestos, haciendo que el mejor de los peores escenarios para cada alternativa sea decidido. Es decir, la decisión será A_j que maximice el mínimo NPV (S_i, A_j) para $i = \{1, \dots, k\}$ y $j = \{1, \dots, m\}$ (ver penúltima fila en tabla 2).
2. Maximizando el NPV esperado, donde las probabilidades se basan en una estimación conservadora resultante de una simulación. Se asume una distribución de probabilidad para las variables asociadas a la generación de los escenarios, por ejemplo, la variación del precio de la energía. Es decir, la decisión será A_j que maximice el mínimo NPV $\sum P_i * NPV(S_i, A_j)$ para $i = \{1, \dots, k\}$ y $j = \{1, \dots, m\}$ (ver última fila tabla 2).

Desde que el primer criterio excluye la información sobre las probabilidades vinculadas a los eventos, la regla recomendada es incluir la probabilidad evaluada y maximizar el VAN esperado por alternativa.

Verbruggen et al [6] establecen que esta metodología es un buen primer paso en la evaluación de la inversión, pero puede “dar respuestas muy equivocadas” cuando el análisis se detiene aquí.

Sus deficiencias consisten en suponer que el conjunto de escenarios futuros se compone de trayectorias iniciales que empiezan con la inversión (año 0) y terminan en el año H (principalmente con el desmantelamiento).

Esta suposición estática no refleja los procesos de la vida real que en realidad son secuenciales: las decisiones y los sucesos alternan con el tiempo [6], lo que da origen al enfoque dinámico.

Chance	Events	Alternative investments $A_j, \{j = 1, \dots, m\}$			
		A_1	A_2	...	A_m
P_1	S_1	NPV(S_1, A_1)	NPV(S_1, A_2)	...	NPV(S_1, A_m)
P_2	S_2	NPV(S_2, A_1)	NPV(S_2, A_2)	...	NPV(S_2, A_m)
...
P_k	S_k	NPV(S_k, A_1)	NPV(S_k, A_2)	...	NPV(S_k, A_m)
Decision rule					
A_j that maximizes minimum NPV		Minimum NPV(S_i, A_1) $i \{1, \dots, k\}$	Minimum NPV(S_i, A_2) $i \{1, \dots, k\}$...	Minimum NPV(S_i, A_m) $i \{1, \dots, k\}$
A_j that maximizes expected NPV		$\sum_i P_i \cdot NPV(S_i, A_1)$	$\sum_i P_i \cdot NPV(S_i, A_2)$...	$\sum_i P_i \cdot NPV(S_i, A_m)$

Tabla 2: Hoja de cálculo para la estimación del NPV (S_i, A_j) para todas las combinaciones $k \times m$. Verbruggen et al [6].

5.2. EVALUACIÓN DINÁMICA O SECUENCIAL DE DECISIÓN

El modelo secuencial de decisión o dinámico sustenta la decisión de “invertir ahora o invertir después” (esperar y aprender).

Este modelo es crítico para analizar inversiones que abarcan periodos largos (más allá de 30-40 años), pero también es apropiado y recomendado para analizar muchas inversiones de corto plazo [6].

La toma de decisiones secuencial considera nodos de decisión dicotómicos consecutivos en el proceso de toma de decisiones, así el carácter secuencial es modelado como un flujo alterno de evento-decisión, evento-decisión, y así sucesivamente;

donde la decisión en cada nodo será “invertir” o “no invertir” (esperar).

Este último con el objetivo de obtener mejor y mayor información mientras los recursos se mantienen a la espera o son usados para otros fines.

Así, el proceso puede ser representado como un árbol de decisiones probabilístico, donde el inversionista invierte (favorable para la alternativa A) con probabilidad $(1 - p_A)$ o espera (no favorable para la alternativa A) con probabilidad p_A , y donde las decisiones futuras están condicionadas a los eventos y decisiones anteriores.

La probabilidad p_A es determinada a partir de la frecuencia

de alcanzar un mayor NPV en el período siguiente ($t+1$) y es usada en calcular el valor presente neto esperado del periodo siguiente $E(NPV_{t+1})$. La ecuación (2) muestra esta situación, donde $NPV_{A,S,t}$ (Valor Presente Neto de la Alternativa A_j bajo el escenario S_i en el tiempo t) y $NPV_{A,S,t+1}$ (Valor Presente Neto de la Alternativa A_i bajo el escenario S_i en el tiempo $t+1$) resultan de una simulación Monte Carlo, siendo la diferencia el progreso de un periodo [11].

$$E(NPV_{A,S,t+1}) = NPV_{A,S,t} p_A \{NPV_{A,S,t+1} > NPV_{A,S,t}\} \quad (2)$$

La figura 1 muestra la estructura de la decisión secuencial, evidenciando la posibilidad de retrasar la inversión (alternativa A) periodo a periodo dependiendo del valor de $E(NPV_{A,S,t+1})$, es decir, el Valor Presente Neto Esperado para el periodo siguiente de la alternativa A_j dado el escenario S_i . Así la inversión ocurre en $t=0$ si el $E(NPV_{A,S,t+1})(1+d)^{-1} < NPV_{A,S,t}$

En caso contrario, el inversionista debe esperar un periodo mientras se gana información que disipe cierta incertidumbre para evaluar en $t=1$ si $E(NPV_{A,S,t+2})(1+d)^{-1} < NPV_{A,S,t+1}$ y decidir nuevamente si se invierte o espera, y así sucesivamente en el horizonte de análisis.

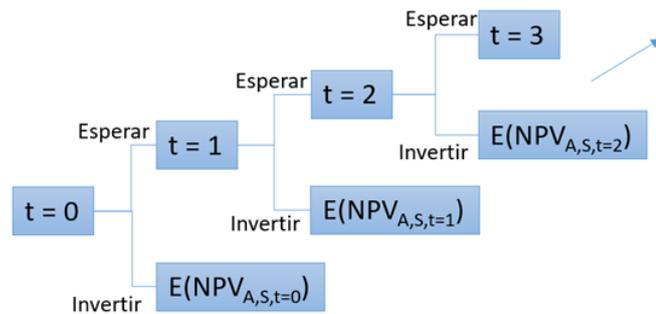


Figura 3: Estructura de evaluación secuencial de decisión. Fuente: Kumbaroglu y Madlener [11]

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conforme a la metodología propuesta, varias publicaciones vinculadas a la evaluación de eficiencia energética en viviendas fueron revisadas, de las cuales se pudo apreciar que la mayoría de las publicaciones utilizaban análisis estáticos y escasamente análisis secuenciales de decisión o dinámicos.

Por lo tanto, se mantiene el escenario definido por Verbruggen et al. [6], cuando plantean que aunque se consideran aspectos de riesgo e incertidumbre en la generación de escenarios sigue siendo escasa la evaluación de las inversiones de eficiencia energética bajo un modelo de simulación secuencial o dinámica.

La revisión bibliográfica permitió establecer criterios para el estudio y posterior análisis de las publicaciones seleccionadas.

Del total de publicaciones revisadas, cinco fueron seleccionadas, dos de ellas donde se abordan claramente las metodologías estática y dinámica en el reacondicionamiento de viviendas y otras tres investigaciones donde también se evalúen inversiones de reacondicionamiento en viviendas, ya sea vinculadas a minimizar la demanda (envolvente) o el consumo (sistemas de instalaciones) de energía, para reflejar los enfoques presentes en publicaciones recientes.

A continuación se listan estas publicaciones seleccionadas:

1. "Evaluation of economically optimal retrofit investment options for energy savings in buildings" (Kumbaroglu y Madlener, 2012).

En esta publicación ambos modelos se aplican en la evaluación de alternativas de decisión y que, según los autores, corresponde a la primera aplicación del enfoque dinámico en la evaluación de alternativas de inversión de eficiencia energética [11].

2. "Life Cycle Cost implications of energy efficiency measures in new residential buildings" (Morrisey y Horne, 2010).

En esta publicación, a partir de la evaluación de alternativas de mejoramiento térmico, se detallada la metodología estática y se presentan hojas de cálculo en la estimación del NPV(S_i, A_i) conforme a la tabla 2 [12].

3. "Energy and economic analysis and feasibility of retrofit actions in Italian residential historical buildings" (Ciulla et al. 2016).

Investigación reciente donde varias alternativas de revestimiento son analizadas en edificios de referencia [13].

4. "An Investigation Into the Cost Optimality of the Passive House Retrofit Standard for Irish Dwellings Using Life Cycle Cost Analysis" (Coyle, 2016).

Investigación reciente donde se analiza un edificio reacondicionado a partir de diferentes alternativas de inversión (en la envolvente y sistemas de la vivienda) que van desde no hacer nada hasta lograr un edificio pasivo [14].

5. "Techno-economic assessmet of solar assisted heat pump system retrofit in the Canadian Housing Stock" (Asae et al. 2017).

Investigación reciente donde se evidencia la fuerte irrevocabilidad que presenta la inversión de sistemas solares térmicos que imposibilitaron la elección ciertas viviendas para su implementación (requerimiento de superficie expuesta al sol) [15].

La tabla 3 muestra los hallazgos vinculados a los métodos de evaluación económica usados en las publicaciones.

Estos fueron tabulados conforme al tipo de edificio estudiado y las alternativas de mejora posibles en él (A_i), al método usado (estático o dinámico) y la definición de escenarios, a las consideraciones en la estimación de los flujos de caja para la determinación del indicador económico (NPV, LCC u otro) y, a otros aspectos misceláneos a destacar en la evaluación de las alternativas de inversión.

Referencia	Tipo de edificio e identificación de las alternativas de mejora	Método usado y definición de escenarios	Consideraciones en la definición de los flujos	Otros aspectos a destacar
1. Kumburoglu y Madlener [11]	Rehabilitación de un edificio de administración pública, donde se analizan diferentes alternativas de inversión que consideran aislamiento de envolvente (mejorar muros, techo o ventanas) y/o diferentes alternativas para los sistemas de instalaciones.	Los enfoques estático y dinámico son contrastados a partir del NPV, donde los escenarios son modelados a partir de la estimación de cambios en el precio de la energía.	Diferencia costos y beneficios dependiendo se trate de un edificio para ser usado por el dueño o es arrendado. La tasa de interés usada es de 4,22% y se asume autofinanciación. Se considera un incremento de 11% en la renta dada la mejora. La trayectoria de los precios de la energía considera un horizonte de 16 años y la evaluación dinámica cuatro periodos $t=0, 2, 4$ y 6 años.	Se explican en detalle los métodos propuestos y se evidencian las diferencias. Se muestran rangos de valores para parámetros típicos en las evaluaciones económicas de inversiones de eficiencia energética. Se muestra que la alta volatilidad en el precio de la energía da valor a la decisión de "esperar" en el modelo dinámico.
2. Morrissey y Horne [12]	Contrasta los resultados promedios en la modelación de 100 viviendas para propuestas de desempeño térmico mejorado. Para esto definen 4 alternativas: base ($182\text{MJ}/\text{m}^2$), de eficiencia mejorada, de estándar internacional y de alta eficiencia; los cuales representan ahorros de 0%, 24%, 45% y 65% en la energía anual requerida para el acondicionamiento térmico conforme a la base de referencia.	Es usado el método estático a partir de del NPV. Establece que los costos son difíciles de estimar y generan cierta incertidumbre. Se definen dos escenarios en base a la tendencia en el precio de la energía (gas y electricidad). "altos" y "bajos" precios.	Considera el incremento marginal del valor residual de la vivienda en función de la eficiencia energética de la envolvente, medidas de ahorro energético y el costo del capital. El NPV es calculado en 4 horizontes de análisis: 5, 10, 25 y 40 años. Para 0-30 años se usó una tasa real de 3,5% y para 30-75 años de 3% (inflación 3,32%). Se considera una vida útil del edificio de 70 o más años.	Muestra parámetros interesantes en las viviendas estudiadas como son el área externa de muros, razón muro/piso, razón, ventana/muro, entre otros. Se muestra el proceso de estimación del NPV para el análisis estacionario de los escenarios propuestos.
3. Ciulla et al. [13]	Dos edificios (con diferente relación superficie expuesta al exterior/volumen) son modelados en cuatro zonas climáticas, en los cuales se aplican varias acciones de reacondicionamiento para la generación de 8 alternativas que contrastan los desempeños de los dos edificios de referencia.	Utiliza el enfoque estático, basado en el NPV, para determinar el periodo de recuperación de la inversión SPP. No hay aspectos de incertidumbre relevantes que se aborden. Se presenta un escenario más bien determinístico.	Son estimados los ahorros de energía a partir de la estimación de las demandas en calefacción y refrigeración en kWh/m^2 al año. Los costos del reacondicionamiento se establecen en moneda local, por lo que se aplica una tasa nominal que no queda explícita.	Las modelación de las alternativas por edificio y clima permiten, a partir del ahorro, priorizar las 8 alternativas de inversión en la vivienda para cada zona climática.
4. Coyle [14]	El caso de estudio corresponde a una vivienda, profundamente reacondicionada para producir una reducción del 90% en los costos operacionales del combustible, la demanda de energía primaria y las emisiones de CO_2 . Define 4 alternativas de análisis (base, base con nuevo sistema de instalación, base con mejora de envolvente y transformación hacia casa pasiva).	Es usado el método estacionario a partir del enfoque LCC. Se definen escenarios de sensibilización en los costos de construcción, inflación en combustibles, y variación en los ahorros energéticos operacionales, entre otros.	Considera el capital y los costos operacionales en el ciclo de vida, una tasa de interés real de 4% (tasa hipotecaria) para el horizonte de análisis de 30 años. Inflación de 2% y 4% para la tasa de crecimiento del precio de la energía. Y un valor residual de 40% de la inversión. Los costos de inversión y ahorros en energía son calculados por cada alternativa.	Muestra que el estándar de vivienda pasiva puede ser rentable para un propietario privado, con la combinación correcta de tasas de interés ($\leq 4\%$), inflación de combustible ($\geq 4\%$), períodos de inversión a largo plazo (≥ 30 años) y la inclusión de residuales valores.
5. Asae et al. [15]	Para casas elegibles por áreas geográficas, donde la inversión en eficiencia energética es viable técnicamente. Modelado con un sistema solar térmico SAHP (Solar Assisted Heat Pump System). Las alternativas quedan definidas para 10 áreas geográficas y para 4 tipos de combustible (electricidad, gas natural, petróleo y madera), por la determinación del consumo anual de energía en la vivienda no elegible, elegible y elegible con la mejora.	Presenta un enfoque estático basado en un periodo de recuperación de la inversión permitido que; para los ahorros en energía, una tasa de crecimiento en el precio de combustibles, entre otros, define el costo tolerable para la inversión en eficiencia energética (TCC). Se generan 3 escenarios para la tasa de crecimiento de la energía (bajo, medio y alto).	Considera el incremento en el precio de la energía, el ahorro en la energía dependiendo del tipo de energía, los costos operacionales del SAHP y la tasa de descuento sensibilizada en 3%, 6% y 9% con base a tasas bancarias. El periodo permitido para la recuperación de la inversión es de 6 y 10 años.	Muestra una metodología basa en el NPV, pero donde el costo de capital debe ser estimado para un periodo de recuperación permitido (Tolerable Capital Cost TCC).

Tabla 3: Hallazgos vinculados a los análisis económicos en las investigaciones analizadas. Elaboración propia a partir del estudio de 5 publicaciones.

De la revisión bibliográfica y del análisis de la tabla 3, se aprecia que las alternativas de evaluación se generan a partir de uno o más edificios de referencia, los que al incluir una o más inversiones de eficiencia energética definen las alternativas A_i para la evaluación económica.

No se evidencian restricciones en el número de alternativas; sin embargo, por razones de presentación y manejo de la información no sería recomendable un número elevado (piense en la presentación de la tabla 2 en el enfoque estático).

En las investigaciones seleccionadas, el número máximo de alternativas de inversión en eficiencia energética para las viviendas evaluadas fue 8.

En torno a la definición de los escenarios de análisis, la variación en el precio de la energía es el evento más recurrente. Evento que puede ser modelado determinística o estocásticamente, pero que presenta cierta dificultad en la definición su tendencia dado el número importante de modelos y variables asociadas a su predicción, no existiendo un consenso acerca de la mejor forma de captar la verdadera dinámica de los precios de la energía [11].

Se destaca la posibilidad de considerar el cambio climático como una variable de incertidumbre en la generación de escenarios [6], pues el desempeño de las alternativas de inversión en eficiencia energética varía conforme al clima según evidencia Ciulla et al. [13] en la priorización de las alternativas de inversión.

En relación a la definición de los métodos de análisis, escasos fueron los casos donde se apreciaron enfoques dinámicos, siendo predominante el enfoque estático.

Esto podría deberse a la complejidad en la estimación de la probabilidad p_A necesaria para la determinación del NPV esperado en la estructura de secuencial de decisión (figura 3). Sin embargo, Verbruggen et al. [6] presentan un caso de ilustrativo donde en la modelación de situaciones presentes y futuras de decisión se toman valores plausibles para aspectos de tiempo e incertidumbre.

Reflejando la posibilidad de prescindir de modelos complejos, donde la presentación de las diferentes combinaciones de alternativas inversión y escenarios posibles no dejan de ser una modelación, con sus respectivas limitaciones y ventajas, que deben quedar definidas y aceptadas por el evaluador en su metodología de trabajo.

En torno a la determinación del NPV ($Ec1$), en general los flujos positivos quedan definidos por los ahorros en energía, por los incrementos en el valor residual de la vivienda, por los incrementos en la renta de la vivienda si se supone su arriendo y, por los subsidios u otros beneficios análogos considerados por el analista.

Por otro lado, los flujos negativos quedan definidos por la inversión inicial (costos de construcción, costos de equipos y sistemas, costos de montaje u otros costos o gastos necesarios para la puesta en servicio de la mejora en la vivienda) y, por los costos de mantenimiento y operación.

En cuanto a la tasa de descuento estimada, esta decrece para

periodos más lejanos, siendo consecuente con lo planteado por Weitzman cuando sugiere incorporar tasas de descuento decrecientes en cualquier metodología costo-beneficio para evaluar proyectos con impacto ambiental a largo plazo [10].

Así, las tasas que se presentan en las evaluaciones económicas bordean el 4% para los primeros 25 o 30 años y luego decrecen en el horizonte de análisis.

Finalmente, son los horizontes de análisis los que presentan mayor dispersión, quedando supeditados a las características de las inversiones en eficiencia energética (vida útil, materialidad, otros) y la estimación de parámetros en la definición de los escenarios, por ejemplo, la proyección del precio de la energía.

7. CONCLUSIONES

Se logra precisar un marco referencial respecto a la evaluación económica de inversiones en eficiencia energética, con énfasis en el reacondicionamiento de viviendas; definiéndose dos enfoques presentes en los análisis económicos de esta naturaleza: el dinámico y el estático.

Esto permite estudiar publicaciones donde se evalúan diferentes alternativas de inversión, estableciéndose consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de evaluar económicamente este tipo de inversiones.

Así, al momento de evaluar inversiones de eficiencia energética en viviendas se deben tener presentes el tipo de enfoque a usar (dinámico o estático) y, los aspectos de tiempo, irrevocabilidad e incertidumbre asociados a las alternativas y escenarios de modelación.

Ambos enfoques, dinámico o estático, toman de referencia indicadores económicos basados en la determinación del valor presente de flujos futuros que son contrastados con una inversión inicial (Por ejemplo, NPV o LCC).

Sin embargo, el enfoque estático supone decidir invertir ahora o nunca (escoger o perder) y el enfoque dinámico supone decidir invertir ahora o después ("esperar y aprender"), donde el "esperar" queda supeditado a escenarios de incertidumbre, por ejemplo, a la volatilidad en el precio de la energía.

Siendo poco frecuentes los análisis dinámicos en las evaluaciones de inversiones de eficiencia energética en viviendas, a pesar de su conveniencia y a que los análisis estáticos presenten aspectos de incertidumbre.

En las alternativas de inversión estudiadas se vio reflejada la trilogía definida por Verbruggen (aspectos de tiempo, incertidumbre e irrevocabilidad); ya que los horizontes de análisis (tiempo futuro) están vinculados a, por ejemplo, la vida útil de las diferentes alternativas de inversión; por otro lado, la incertidumbre queda definida por los escenarios modelados para evaluar las diferentes alternativas de inversión, generalmente definidos por la variación que experimentan los precios de energía en el tiempo y; por último, la irrevocabilidad está fuertemente relacionada a los costos de las alternativas de inversión, por ejemplo, la

instalación de un sistema solar térmico en techumbres con mala orientación al sol o poca superficie hacían prohibitivo su aplicación en ciertas viviendas (vivienda no elegible en la publicación de Asae et al). Lo anterior evidencia cómo estos aspectos se interrelacionan al momento de evaluar las diferentes alternativas de inversión en el reacondicionamiento de viviendas.

Las publicaciones estudiadas muestran que todas las metodologías adoptadas, ya sea bajo un enfoque dinámico o estático, presentan diferencias en los parámetros o en los supuestos que son adoptados para realizar los análisis. Aspectos que derivan del contexto en que se realiza la modelación; por ejemplo, geográfico, económico, político o social.

Así, diferentes climas, diferentes tipologías constructivas, diferentes precios de energía, diferentes hábitos de las personas, entre otros, definirán los ahorros energéticos y los costos de inversión que son contrastados; por tanto, el contexto de modelación debe quedar claramente definido por el analista en la evaluación de inversiones de eficiencia energética.

Finalmente, destacar el postulado de Verbruggen en torno a que las características de irrevocabilidad en las inversiones de eficiencia energética estimulan la generación inmediata de edificios muy eficientes en lugar de edificios estándares. Pues es esperable que los edificios corrientes (bajo o mediocre EPE) presenten oportunidades de mejora con un alto grado de irrevocabilidad, imposibilitando la decisión de cambios futuros en la vivienda.

8. REFERENCIAS

[1] British Petroleum. (2017). Recuperado el 1 de Enero de 2017, de BP Global - Statistical Review of World Energy: <http://bp.com/statisticalreview>.

[2] Nejat, P., Jomehzadeh, F., Mahdi Taheri, M., Gohari, M., & Adb Majid, M. Z. (2015). A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 43, marzo 2015, pág. 843-862.

[3] Yau, Y., & Hasbi, S. (2013). A review of climate change impacts on commercial buildings and their technical services in the tropics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 18, febrero 2013, Pág. 430-441.

[4] Cárdenas, J. P., Muñoz, E., Riquelme, C., & Hidalgo, F. (2015). Simplified life cycle assesment applied to structural insulated. *Revista Ingeniería de Construcción*, Vol. 30 N° 1, abril, pág. 33-38.

[5] IDAE, I. p. (2015). *Energy Efficiency Trends and Policies in SPAIN*. España: IDAE.

[6] Verbruggen, A., Al Marchohi, M., & Janssens, B. (2011). The anatomy of investing in energy efficient buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 4, Issue 4, abril 2011, Pág. 905-914.

[7] Ma, Z., Cooper, P., Daly, D., & Ledo, L. (2012). Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. *Energy and Buildings*, Volume 55, December 2012, Pages 889-902.

[8] Verbruggen, A. (2012). Financial appraisal of efficiency investments: why the good may be the worst enemy of the best. *Energy Efficiency*, Vol. 5, November 2012, Issue 4, pp 571-582.

[9] Weitzman, M. (1998). Why the Far-Distant Future Should Be Discounted at Its Lowest Possible Rate. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 36, Issue 3, noviembre 1998, Pág. 201-208.

[10] Weitzman, M. (1999). Just Keep Discounting, but. En P. Portney, & J. Weyant, *Discounting and Intergenerational Equity* (págs. 23-30). Washington DC: Resources for the Future.

[11] Madlener, R., & Kumbaroğlu, G. (2012). Evaluation of economically optimal retrofit investment options for energy savings in buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 49, Junio 2012, Pág. 327-334.

[12] Morrissey, J., & Horne, R. (2011). Life cycle cost implications of energy efficiency measures in new residential buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 43, Issue 4, Abril 2011, Pág. 915-924.

[13] Ciulla, G., Galatioto, A., & Ricciu, R. (2016). Energy and economic analysis and feasibility of retrofit actions in Italian residential historical buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 128, septiembre 2016, Pág. 649-659.

[14] Coyle, D. (2016). An Investigation Into the Cost Optimality of the Passive House Retrofit Standard for Irish Dwellings Using Life Cycle Cost Analysis. *Journal of Sustainable Design & Applied Research*, Vol. 4: Iss. 1, Article 2.

[15] Rasoul Asaee, S., Ismet Ugursal, V., & Beausoleil-Morrison, I. (2017). Techno-economic assessment of solar assisted heat pump system retrofit in the Canadian housing stock. *Applied Energy*, Vol. 190, marzo 2017, Pág. 439-452.

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.



What is the industrial and technical heritage? Understand it to preserve it

¿Qué es el patrimonio industrial y técnico? Entenderlo para conservarlo

JOSÉ LUIS JAVIER PÉREZ MARTÍN

Profesor Titular de E.U., Departamento de Tecnología de la Edificación, Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Avenida Juan de Herrera nº 6, 28040 Madrid, España. Madrid. e-mail: joseluisjavier.perez@upm.es

MARÍA ELENA ARÉS OSSET

Arquitecto Municipal del Excmo. Ayuntamiento de Ávila. e-mail: eares@ayuntavila.com

- ◊ Industrial Heritage must be understood as a whole, as a sum of real estate of immovable property, that contains movable property and immaterial goods.
- ◊ It is essential the presence of interdisciplinary teams.
- ◊ They are inseparable part of human evolution, and should serve as tools for their study and understanding.

The concept of cultural heritage is subject to a continuous evolution process. This is due to the perceptual modification of an increasingly sensitized society, involved by a changing environment but situated in front of this cultural heritage permanently. Expiry, as perception, incites us to preserve in some way all that time turns into past, since we have been active objects of its existence. The denominated Industrial Heritage is one of the aspects resulting from that social evolution, incorporated to named "Emerging Heritages". Its conservation management needs the previous understanding, so this article is dedicated.

Heritage; Cultura; Conservation; Industrial heritage

- ◊ El Patrimonio Industrial debe entenderse en su conjunto, como sumatorio de unos bienes inmuebles, contenedores de unos bienes muebles y de unos bienes inmateriales.
- ◊ Es imprescindible la presencia de equipos interdisciplinarios.
- ◊ Forman parte inseparable de la evolución humana y deben servir de herramientas para su estudio y comprensión.

El concepto de patrimonio cultural, está sometido a un proceso de evolución continua, debido a la modificación perceptual de una sociedad, cada vez más sensibilizada, ante un entorno cambiante que le sitúa frente a sí misma de manera permanente. La caducidad, como percepción, incita a conservar de alguna manera todo aquello que el tiempo convierte en pasado, y que hemos sido objetos activos de su existencia. El denominado patrimonio Industrial es uno de los aspectos resultante de esa evolución social, incorporado a lo que se ha dado en denominar: "Patrimonios emergentes"; la gestión de su conservación precisa de su comprensión, y a ello dedicaremos este artículo.

Patrimonio; Cultura; Conservación; Patrimonio industrial

1. ANTECEDENTES

La noción de patrimonio ha venido siendo modificada y ampliada, hasta llegar a la situación actual claramente marcada por lo que ha dado en denominarse "patrimonios emergentes", como el inmaterial, submarino, industrial, etc. Para su comprensión es preciso hacer algunas precisiones, evitando confundir la opinión personal con la verdad y ésta con la legalidad que debiera ser, que en casi ningún caso suele coincidir.

Previamente conviene recordar algunas cuestiones, antes de comenzar la exposición:

- a. Integran el Patrimonio Histórico Español los inmuebles y objetos muebles de interés artístico, histórico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico. También forman parte del mismo el patrimonio documental y bibliográfico, los yacimientos y zonas arqueológicas, así como los sitios naturales, jardines y parques, que tengan valor artístico, histórico o antropológico, según se recoge en el artículo primero.2 de la vigente Ley13/85 del Patrimonio Histórico [1].
- b. En el caso de bienes inmuebles, las actuaciones a que se refiere el párrafo anterior irán encaminadas a su conservación, consolidación y rehabilitación y evitarán los intentos de reconstrucción, salvo cuando se utilicen partes

originales de los mismos y pueda probarse su autenticidad. (3) Las restauraciones de los bienes a que se refiere el presente artículo respetarán las aportaciones de todas las épocas existentes, según el artículo 39, apartados 2 y 3, de la vigente Ley 13/85 del Patrimonio Histórico [1].

- c. El concepto de bien cultural es delimitativo y se refiere a unos bienes tangibles o intangibles a los que reconocemos unas características objetivas o subjetivas que las diferencian de otros. Las características que delimitan los bienes culturales, son sus valores simbólicos, o mejor dicho los que un grupo social, más o menos amplio, les asigna, al margen de su propia materialidad; son sus valores convencionales, dados o aceptados, los que les convierten en objetos de conservación. Siendo esos valores los que igualan culturalmente las obras maestras con las más humildes, pero representativas y llenas de vivencias.
- d. El Patrimonio debe ser estudiado desde una visión holística, en la que la interdisciplinariedad debe estar presente. No es solo cuestión de historiadores, arquitectos, etc.

De estas notas obtenemos algunas afirmaciones:

1. El Patrimonio Industrial, como tal, no forma parte del descriptor de la normativa española, no tiene referencia alguna en el desarrollo de la misma, pese a ese "interés técnico" que recoge en su artículo primero. Con independencia del interés histórico que puede dar cobijo a estos bienes.
2. No se realizaran reconstrucciones de bienes desaparecidos, ni se demolerán partes del edificio, o de los restos que queden, por no pertenecer al mismo estilo o época que la parte que se quiere salvar.

Hechas estas aclaraciones es preciso afirmar que, al hablar de patrimonio industrial, no solo hemos de referirnos al parque inmobiliario cuyo fin principal era dar cobertura a una maquinaria específica para determinados procesos industriales que a su vez originaron profundas transformaciones sociales y estéticas; también las propias máquinas, los procesos industriales y la transformación social y estética producidas forman parte de ese patrimonio, pues todo ello forma parte de nuestra historia y de la evolución de la humanidad.

En este sentido se manifiesta el preámbulo del Proyecto de principios de acuerdos ICOMOS-TICCIH¹ para la conservación del patrimonio industrial²:

"En todo el mundo, los sitios, los edificios, los complejos, las ciudades y asentamientos, los paisajes o las rutas son testigos de actividades humanas relacionadas con la extracción y la producción industrial. En muchos lugares, este patrimonio se mantiene todavía en actividad mientras que en otras partes presenta evidencias arqueológicas de actividades y tecnologías pasadas. A este patrimonio material derivado de los procesos y las técnicas de la industria y la ingeniería civil, la arquitectura o el urbanismo, se le unen también aspectos intangibles asociados al saber-hacer, a la memoria o a la

vida social de los trabajadores y de su comunidad."

La industrialización aunque siempre ha acompañado el devenir de la humanidad, será el advenimiento de la denominada Revolución Industrial, a mediados del XVIII, el punto de inflexión para la concepción de una nueva sociedad que llega, a través de los siglos XIX y XX, hasta nuestros días.

2. CONCEPTUALIZACIÓN Y CONSERVACIÓN

Para afrontar el problema de su conservación, es posible dividirlo para su estudio, en dos partes o mejor dicho en dos componentes principales. Por un lado el parque inmobiliario y las grandes infraestructuras (ferrocarriles, puertos, minería, etc.) y por otro la propia maquinaria, que al evolucionar los procesos fabriles y/o de transporte quedaba obsoletas, o bien dejaba de emplearse cuando el mercado dejaba de demandar los productos que con ellas se obtenían, ante la aparición de alternativas mejoradas y novedosas. Aunque en muchos casos la simbiosis entre ambos aspectos los hará difícil de separar; contenido y continente no pueden ser entendidos por separado.

Pero como se ha señalado anteriormente, si importantes son los bienes inmuebles y muebles en la conservación del patrimonio industrial, no debemos "dejar de enfatizar que los trabajadores son tan importantes como las máquinas y los edificios, ... la Arqueología Industrial ... es, esencialmente, un estudio sobre hombres" [2]; la arqueología industrial no puede ignorar las situaciones en que se desarrollaba el trabajo, por lo que es preciso el estudio del contexto de la actividad productiva y las relaciones de los actores implicados dentro de ese contexto [3].

La transformación y la obsolescencia de los procesos industriales y/o de producción ha puesto en peligro de desaparición muchos edificios, y los que se han salvado han corrido una suerte desigual.

- a. *En unos casos se han incorporado al paisaje (paisajes culturales) como mero testigo del pasado o de ruina consolidada, en otras ocasiones han corrido mejor suerte, al ser grandes contenedores arquitectónicos, lo que ha permitido su vaciado para convertirlos en centros culturales, centros comerciales, etc., pero eliminando su referente industrial (maquinaria, instalaciones, etc.) con lo que su aspecto de testimonio productivo desaparece y se falsea su valor documental.*

Los edificios, ubicados inicialmente en la periferia de las ciudades, al ser abandonados por cese de la actividad que se realizaba en ellos, han sido objeto propicio para la especulación, ante el valor que, el suelo que ocupaban, podía alcanzar en un mercado insensible a sus valores y a su historia. La situación se agrava cuando el crecimiento de la ciudad ha incorporado al núcleo urbano aquellos viejos edificios.

Tal como señala el profesor Casado Galván [4] la preocupa-

¹ N.A.- TICCIH es la organización mundial encargada del patrimonio industrial y es asesor especial de ICOMOS en cuestiones de patrimonio industrial.

² N.A.- Texto recogido en el Anexo 2 del Informe del Secretario General, sobre el trienio 2005-2008, a la 16ª Asamblea General de ICOMOS.

ción por salvaguardar las huellas físicas del pasado industrial adquiere un carácter internacional con la creación en 1978 del TICCIH (The International Committee for the Conservation of Industrial Heritage). El TICCIH es en la actualidad la organización mundial encargada del patrimonio industrial y es asesor especial de ICOMOS en cuestiones de patrimonio industrial. El texto de esta carta fue aprobado por los delegados reunidos en la Asamblea Nacional del TICCIH, de carácter trienal, que tuvo lugar en Moscú el 17 de julio de 2003.

No obstante, fue en Inglaterra, a comienzo de los años sesenta del pasado siglo, donde se empezó a prestar atención a los restos físicos de la Revolución Industrial, quizás como respuesta de necesidad de salvar los restos que sobrevivieron a la Segunda Guerra Mundial y la creciente corriente de opinión que se creó tras la demolición en 1962 de la Euston Station de Londres, construida entre 1835 y 1839.

Todo ello dio lugar a la aparición de numerosas sociedades cuyo fin era salvaguardar lo que se dio en llamar "Arqueología Industrial", entendiéndose por tal "el reflejo de todas las vivencias de las vidas humanas, indudablemente más económicas, tecnológicas e industriales" [5]. Es decir, la arqueología industrial acometía la historia económica, industrial, social y tecnológica, estudiando tanto los inmuebles como los bienes muebles relacionados directamente con la industria, el producto o la tecnología, ubicándolos en un determinado momento histórico determinando y considerando su interrelación con el entorno.

Las Organizaciones Europeas del Patrimonio Industrial, durante la Segunda Conferencia de Ministros responsables del Patrimonio Arquitectónico, celebrada en Granada en 1985, solicitaron ampliar la noción de patrimonio, incluyendo, entre otros, el patrimonio técnico e industrial; volviendo a incidir en ello, en la Conferencia de Malta de 1992, en que se pidió profundizar en esa noción, identificando aquellas categorías de patrimonio insuficientemente protegidas.

Tras reconocer la contribución, única e innegable, de Europa al crecimiento de la sociedad moderna industrial y técnica, se instó al Consejo de Europa, la Unión Europea, los Estados Miembros y las Organizaciones internacionales, a llevar a cabo políticas activas en el estudio, la preservación y valoración del patrimonio:

"Iniciar una amplia campaña para concienciar al público, las autoridades e instituciones públicas, y organizaciones no gubernamentales, de la necesidad urgente de salvar el patrimonio industrial y técnico de Europa, otorgándole el lugar que le corresponde en base a su importancia histórico – científica, y formando parte también del bagaje cultural que nos permite comprender el desarrollo económico y social de nuestros Países".

El Consejo de Europa se ha implicado en estas políticas activas, desde el principio, en aras de la conservación del Patrimonio Industrial, mediante la redacción de diversos documentos. El primero, con independencia que otros recogiesen, de forma implícita y con anterioridad, este nuevo ámbito patrimonial, es la Recomendación 872 (1979), emitida por la Asamblea Parlamentaria del Consejo de Europa, en su 31ª

sesión ordinaria de 15 de junio de 1979, relativa a la por entonces denominada "Arqueología Industrial". En este documento se recomendaba al Comité de Ministros, que confiase a un equipo interdisciplinar las siguientes actuaciones:

- ◆ Establecer una definición práctica de los objetivos precisos de la arqueología industrial. Proponer los medios para el inventario y la clasificación del patrimonio industrial.
- ◆ Coordinar el análisis del patrimonio inventariado, teniendo en cuenta las investigaciones existentes, tanto a nivel nacional como internacional.
- ◆ Invitar a los gobiernos miembros a aumentar los presupuestos económicos para la salvaguarda de los monumentos industriales y apoyar las iniciativas privadas al respecto. Procurar que la legislación en materia de conservación tengan en cuenta los monumentos industriales.
- ◆ Promover la elaboración de material didáctico en la materia destinado a los jóvenes. Promocionar y facilitar las iniciativas de los colectivos locales.

Dos documentos posteriores plantearon, de forma explícita, distintos aspectos del Patrimonio Industrial; concepto que desde la Conferencia de Granada, se había redefinido como "patrimonio técnico e industrial", dando por superado el término "arqueología industrial". El primero es de fecha 22 de octubre de 1987, con origen en la 47ª reunión de los Delegados de los Ministros, donde se adoptó la Recomendación nº R(87) 24, sobre "Ciudades Industriales Europeas". Cabe recordar que una "recomendación" es un texto dirigido a uno o varios Estados, invitándolos a adoptar un comportamiento determinado o actuar de cierta manera en un ámbito cultural específico y, en principio [6], carece de todo poder vinculante para los Estados Miembros. Más adelante se incorporaron nuevos aspectos, que la sociedad demandaba e interactúan con la actividad industrial, como es el medio ambiente, condición previa para un nuevo desarrollo económico y social.

El segundo documento, fue la Recomendación nº R(90) 20, adoptada en la 443ª reunión de los Delegados de los Ministros, dirigida a los Estados Miembros sobre "la Protección y Conservación de la Industria, Patrimonio técnico y Obras Públicas en Europa", de fecha 13 de septiembre de 1990; texto que evidencia, que en esa fecha, el patrimonio industrial distaba mucho de ser un elemento protegido.

Otros documentos emitidos en el ámbito internacional, resultan de imprescindible conocimiento para entender y proteger el Patrimonio Industrial. De entre estos, destaca la "Carta de Nizhny Tagil (Rusia) sobre el Patrimonio Industrial" (2003), elaborada por el Comité Internacional para la Conservación sobre el Patrimonio Industrial (TICCIH) [7]:

"Preámbulo

Los primeros períodos de la historia de la humanidad se definen mediante las pruebas arqueológicas sobre cambios fundamentales en la manera en que las personas fabricaban objetos, y la importancia de conservar y estudiar la evidencia de estos cambios es algo universalmente aceptado.

Desde la Edad Media, las innovaciones en lo referente al uso

de energía y al comercio que tuvieron lugar en Europa con-
dujeron, a finales del siglo XVIII, hacia un cambio tan pro-
fundo como el que tuvo lugar entre el Neolítico y la Edad de
Bronce, con avances suficientemente rápidos e importantes
en las circunstancias sociales, técnicas y económicas de la
fabricación como para que se le llamara revolución. La Re-
volución Industrial fue el comienzo de un fenómeno histórico
que ha afectado a una parte cada vez mayor de la pobla-
ción humana, así como también a otras formas de vida del
planeta, y lo sigue haciendo a día de hoy.

La evidencia material de estos grandes cambios posee un
valor humano universal, y debe reconocerse la importancia
de su estudio y de su conservación. (...)

1. Definición de patrimonio industrial

El patrimonio industrial se compone de los restos de la cultu-
ra industrial que poseen un valor histórico, tecnológico, so-
cial, arquitectónico o científico. Estos restos consisten en edi-
ficios y maquinaria, talleres, molinos y fábricas, minas y
sitios para procesar y refinar, almacenes y depósitos, luga-
res donde se genera, se transmite y se usa energía, medios
de transporte y toda su infraestructura, así como los sitios
donde se desarrollan las actividades sociales relacionadas
con la industria, tales como la vivienda, el culto religioso o
la educación.

La arqueología industrial es un método interdisciplinar para
el estudio de toda evidencia, material o inmaterial, de docu-
mentos, artefactos, estratigrafía y estructuras, asentamientos
humanos y terrenos naturales y urbanos, creados por proce-
sos industriales o para ellos.

La arqueología industrial hace uso de los métodos de investi-
gación más adecuados para hacer entender mejor el pasado
y el presente industrial.

El período histórico de principal interés se extiende desde el
principio de la Revolución Industrial, la segunda mitad del
siglo XVIII, hasta la actualidad, incluida. Si bien también se
estudian sus raíces preindustriales y protoindustriales anterio-
res. Además, se recurre al estudio del trabajo y las técnicas
laborales rodeadas de historia y tecnología. (...)

5. Mantenimiento y conservación

1. La conservación del patrimonio industrial depende de la
preservación de la integridad funcional, y las intervenciones
en un sitio industrial deben, por tanto, estar enfocadas a
mantener su integridad funcional tanto como sea posible. El
valor y la autenticidad de un sitio industrial pueden verse
enormemente reducidos si se extrae la maquinaria o los com-
ponentes, o si se destruye los elementos secundarios que for-
man parte del conjunto de un sitio. (...)

IV. La adaptación de un sitio industrial a uno nuevo como
forma de asegurar su conservación suele ser aceptable, ex-
cepto en el caso de sitios de especial importancia histórica.
Los nuevos usos deben respetar el material significativo y
mantener los patrones originales de circulación y actividad, y
debe ser tan compatible con el uso original o principal como
sea posible. Es recomendable habilitar un área donde se

represente el uso anterior. (...)

Además de la anterior Carta, cabe hacer referencia a otro
documento: "La Carta de Riga", redactada por la Federación
Europea de Ferrocarriles Turísticos e Históricos (FEDECRAIL),
referente a las antiguas infraestructuras ferroviarias, que sin
duda constituyen parte del Patrimonio Industrial y que fue
adoptada, por unanimidad, en la Asamblea General de FE-
DECRAIL celebrada en Anse (Lyon), el 16 de abril de 2005,
habiendo sido propuesta originalmente en Riga (Letonia).

Aunque de gran interés, solo se recogen los aspectos genera-
les y la parte dedicada a la terminología, que dado los pro-
blemas en la traducción a los distintos idiomas, ha venido sien-
do norma común, en los documentos internacionales, incorpo-
rar un descriptor de los términos empleados.

El patrimonio industrial, considerado ya como un nuevo bien
cultural, requiere una consideración y pensamiento desde el
territorio, una aproximación al paisaje industrial como reali-
dad que supera el hecho físico.

La recuperación del patrimonio industrial es obra de todos:
administraciones públicas, empresarios, trabajadores, ciuda-
danos en general que defiendan, preserven, estudien y adop-
ten nuevos usos y estrategias de intervención para su puesta
en valor como señal de identidad, recurso cultural y económi-
co.

El patrimonio industrial es herencia colectiva, construido a lo
largo de los siglos por ingenieros, arquitectos, por autores
anónimos, constituyendo el testimonio de la vida del trabajo
de la colectividad. Su rehabilitación, con su singularidad, de-
be considerar también nuevos usos compatibles con la reali-
dad construida y su posterior mantenimiento, con nuevas fun-
ciones asumidas por las comunidades locales en las que se
inserta que sirvan para la dinamización de su entorno próxi-
mo.

La conservación del patrimonio industrial en España, que da
testimonio de esta parte de nuestra cultura material, nos obli-
ga a poner la voluntad y esfuerzo necesario para salvar estos
lugares en peligro y dar un futuro a nuestro pasado.

Se han ido produciendo otros muchos documentos, pero, con
referencia a España, hay que destacar el Plan Nacional de
Patrimonio Industrial, cuya elaboración forma parte de las
funciones del Consejo del Patrimonio Histórico, conforme se
recoge en el Título IV de la LPHE "Sobre la Protección de los
bienes muebles e inmuebles", en su artículo 35:

1. Para la protección de los bienes integrantes del Patrimonio
Histórico Español y al objeto de facilitar el acceso de los
ciudadanos a los mismos, fomentar la comunicación entre
los diferentes servicios y promover la información necesaria
para el desarrollo de la investigación científica y técnica,
se formularán periódicamente Planes Nacionales de
Información sobre el Patrimonio Histórico Español.
2. El Consejo del Patrimonio Histórico Español elaborará y
aprobará los Planes Nacionales de Información referidos
en el apartado anterior.
3. Los diferentes servicios públicos y los titulares de bienes del
Patrimonio Histórico Español deberán prestar su colabora-

ción en la ejecución de los Planes Nacionales de Información.

En referencia al Patrimonio Industrial, tal como hace constar TICCIH - España [8], el primer Plan Nacional se inició en el año 2000 y fue concluido y puesto en marcha entre los años 2001 y 2002, enmarcándose en la preceptiva asunción por parte del Estado español de la necesidad de preservación y conservación del patrimonio histórico, en el que se incluye el rico legado consecuencia de la industrialización:

“(…) Un legado muy especial no suficientemente valorado todavía que presenta riesgos evidentes de destrucción y que en muchos casos está amenazado de desaparición en virtud de esa falta de concreción de su valor para nuestra historia más reciente. El Plan nace con el propósito de articular las bases que concreten esa protección, conservación y recuperación para el futuro”.

El documento del Plan entiende por “patrimonio industrial”: “el conjunto de elementos de explotación industrial, generado por las actividades económicas de cada sociedad que responde a un determinado proceso de producción y a un sistema tecnológico concreto caracterizado por la mecanización dentro de un determinado sistema socioeconómico”.

En el 2011 se llevó a cabo la revisión del Plan Nacional de Patrimonio Industrial, en el que se adjuntan cinco Anexos, dedicando el primero de ellos a hacer una extensa exposición del proceso de elaboración del mismo, a la vez que denuncia la falta de difusión de los Planes nacionales:

“Nos ha parecido práctico relatar de forma narrativa, debido a la ausencia de difusión que suele ofrecer la Administración de su propio trabajo, cómo se gestó el Plan de Patrimonio Industrial, y poner de manifiesto la positiva disposición de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales del Ministerio de Cultura para su desarrollo a través del Instituto del Patrimonio Histórico Español”.

El contenido de aquel primer Plan Nacional de Patrimonio Industrial de España, era una primera aproximación a la concienciación sobre el mismo, siendo reseñables, en el contexto de este artículo, algunos de sus contenidos³ que, pese a su extensión, se considera importante su transcripción [9]:

Situación actual del patrimonio industrial

“A lo largo de la historia reciente la actividad industrial ha generado una serie de elementos que paulatinamente se van considerando parte de nuestro patrimonio cultural. La arquitectura industrial, las estructuras ingenieriles, la maquinaria, etc. constituyen un material imprescindible para comprender la historia de los dos últimos siglos. Estos elementos constitutivos de los procesos de producción y del transporte, así como de los equipamientos técnicos, han desempeñado un importante papel en la evolución de nuestras ciudades, en la formación de los rasgos de identidad de sus espacios y paisajes,

y en general en la definición del ambiente vital concreto en que se ha desarrollado la industrialización.

De esta forma, la conservación y el estudio de estos testimonios son fundamentales para comprender y documentar un periodo clave en la historia de la humanidad.

El patrimonio industrial se convierte así en memoria histórica que se manifiesta diferencialmente según la época de su desarrollo, los sectores de actividad y los territorios en que se lleva a cabo”.

Definición de patrimonio industrial

“Se entiende por patrimonio industrial el conjunto de elementos de explotación industrial, generado por las actividades económicas de cada sociedad. Este patrimonio responde a un determinado proceso de producción, a un concreto sistema tecnológico, caracterizado por la mecanización, dentro de una manifestación de relación social capitalista”.

Aquel primer Plan Nacional de Patrimonio Industrial ha sido sometido a revisión en las reuniones celebradas en Burgos los días 24 y 25 de marzo de 2011, en el Museo de la Evolución Humana, marco elegido por el IPCE para aprobar un nuevo texto, junto con el del Plan Nacional de Conservación Preventiva. El texto nuevo del Plan Nacional de Patrimonio Industrial es el siguiente:

Introducción:

“A lo largo de la historia reciente las actividades industriales han generado una serie de sistemas productivos que paulatinamente se han ido incorporando a nuestra herencia cultural. Son resultado de un proceso de toma de conciencia patrimonial en el que se integran la necesidad de conservación de sus testimonios materiales y la transmisión de la memoria asociada a cada actividad en un entorno territorial concreto.

Los testimonios de la industrialización constituyen un legado imprescindible para comprender la historia española de los dos últimos siglos. Estos sistemas, conjuntos o elementos y factores que inciden en el hecho industrial, han desempeñado un importante papel en la evolución del territorio, ya sea urbano o rural, en la formación del carácter histórico y cultural de sus sitios, lugares y paisajes, y en general en la definición del ambiente vital y cultural concreto en que se ha desarrollado la industrialización. De esta forma, la conservación y el estudio de estos testimonios son fundamentales para comprender y documentar un periodo clave en la historia de la humanidad.

El patrimonio industrial se convierte así en memoria histórica que se manifiesta diferencialmente según la época, la fase de su desarrollo, los sectores de actividad y las áreas geoculturales en que se llevó a cabo el proceso de la industrialización.

La conservación y activación del patrimonio cultural nunca

³ Texto publicado en el libro de INCUNA . María Linarejos Cruz, Dolores Fernández-Posse, Alberto Humanes y Ramón de la Mata titulado El Plan Nacional de Patrimonio Industrial publicado en PATRIMONIO INDUSTRIAL. LUGARES DE LA MEMORIA: Proyectos de reutilización en industrias culturales, turismo y museos. Gijón, 2002, 209 pp., INCUNA. Asociación de Arqueología Industrial, Colección. “Los ojos de la memoria” volumen nº 2. (Actas de las III Jornadas Internacionales de Patrimonio Industrial, junio 2001). Transcrito desde: <http://www.ticcih.es/wp-content/uploads/2011/03/Plan-Nacional-de-Patrimonio-Industrial.pdf>

han sido ajenas a las condiciones de su entorno económico y social, así como a los cambios de paradigmas relacionados con la intervención patrimonial. (...)

Cada paisaje, arquitectura, maquinaria o instalación industrial tienen un carácter que es necesario mantener vivo en los procesos de recuperación, intervención, restauración o rehabilitación que se adopten. Probablemente, una de las críticas más importantes en las intervenciones patrimoniales de estos últimos años ha consistido en que algunos de los proyectos han vaciado de contenido los elementos originales de aquellos lugares rehabilitados, provocando la ausencia de referencias y la pérdida de la memoria del trabajo, perdiendo vitalidad narrativa y especificidad física.

Y todo ello nos lleva a plantearnos interrogantes acerca de la condición del proceso de restauración, llevándonos a la reflexión de que no todo edificio histórico rehabilitado puede adaptarse a cualquier nueva funcionalidad, concitando la interrelación de contenidos sociales, políticos, económicos y culturales.

El patrimonio industrial, en sus manifestaciones materiales e inmateriales, en sus diferentes escalas, en sus distintas morfologías, en sus variadas tipologías, en sus ricas topografías, ha sido protagonista, de sucesivos e importantes cambios, y necesita que se le hagan las preguntas correctas para descubrir la sabiduría intrínseca del edificio, del lugar, su ser propio, su densimetría histórica que le ha permitido sobrevivir mutando”.

Definición de patrimonio industrial

“Se entiende por patrimonio industrial el conjunto de los bienes muebles, inmuebles y sistemas de sociabilidad relacionados con la cultura del trabajo que han sido generados por las actividades de extracción, de transformación, de transporte, de distribución y gestión generadas por el sistema económico surgido de la “revolución industrial”.

Estos bienes se deben entender como un todo integral compuesto por el paisaje en el que se insertan, las relaciones industriales en que se estructuran, las arquitecturas que los caracteriza, las técnicas utilizadas en sus procedimientos, los archivos generados durante su actividad y sus prácticas de carácter simbólico.

El patrimonio industrial dispone de una metodología propia de carácter interdisciplinar que se denomina Arqueología Industrial. Esta disciplina científica estudia y pone en valor los vestigios materiales e inmateriales como testimonios históricos de los procesos productivos. Su estudio nos aproxima a una mejor comprensión de las estructuras y los procesos que han generado el desarrollo de las sociedades técnico-industriales, sus fuentes de energía, sus lugares y espacios de trabajo, su organización productiva y su forma de responder a una economía basada en la mecanización de los procesos productivos”.

“Se considera Bien Industrial cada uno de los elementos o conjuntos que componen el Patrimonio Industrial, pudiéndose distinguir entre bienes inmuebles, muebles e inmateriales.

Entre los bienes inmuebles se pueden diferenciar cuatro tipos:

Elementos industriales: por su naturaleza o por la desaparición del resto de sus componentes, pero que por su valor histórico, arquitectónico, tecnológico, etc., sean testimonio suficiente de una actividad industrial a la que ejemplifican.

Conjuntos industriales en los que se conservan los componentes materiales y funcionales, así como su articulación; es decir, constituyen una muestra coherente y representativa de una determinada actividad industrial, como es, por ejemplo, una factoría.

Paisajes industriales, son de carácter evolutivo y en ellos se conservan en el territorio las componentes esenciales de los procesos de producción de una o varias actividades industriales, constituyendo un escenario privilegiado para la observación de las transformaciones y los usos que las sociedades han hecho de sus recursos.

Sistemas y redes industriales para el transporte del agua, energía, mercancías, viajeros, comunicaciones, etc., que constituyan por su articulación compleja y sus valores patrimoniales un testimonio material de la ordenación territorial, de la movilidad de personas, ideas o mercancías o del arte de construir la obra pública del periodo contemporáneo.

Entre los bienes muebles se pueden diferenciar cuatro tipos:

Artefactos, compuestos por mecanismos destinados a la obtención, transformación y conducción de sustancias, a la producción de energía o al transporte y a la comunicación.

Utillajes, herramientas necesarias para el desempeño de los procedimientos técnicos asociados a las actividades económicas.

Mobiliario y accesorios del entorno social del trabajo. Se incluyen también los bienes de equipamiento mueble de los espacios de residencia, gestión, asistencial o de ocio relacionados con los establecimientos industriales, vestimentas,...

Archivos, compuestos por los documentos escritos o iconográficos generados por las actividades económicas y las relaciones industriales. Se incluyen en este apartado los fondos bibliográficos relacionados con la cultura del trabajo. El registro de las fuentes orales y visuales se considera prioritario debido su fragilidad y peligro de desaparición.

Entre los bienes inmateriales se encuentran:

Entidades de memoria de industria, aquellos testimonios, instituciones o colecciones unitarias que por su relevancia suponen parte integral de la memoria histórica asociada a un sistema de trabajo, disciplina científica o actividad investigadora relacionada con la Cultura del Trabajo”.

3. CONCLUSIONES

El Patrimonio Industrial aún el ser un bien inmueble (el edificio), un bien mueble (la maquinaria y sistemas productivos) y un bien inmaterial (las relaciones sociales, económicas, etc., que allí se dieron), por ello, resulta más necesario que nunca, la presencia de equipos interdisciplinares.

Su conservación es exigida por una nueva sensibilidad social, que no debe limitarse a las élites académicas y administrativas, hay que hacerlo llegar a la sociedad en su conjunto. Charles Édouard Jeanneret y Le Corbusier, ya se sintieron fascinados por el maquinismo y la industrialización, pero de la fascinación a la conservación hay un largo trayecto.

4. REFERENCIAS

- [1] Ley13/85 del Patrimonio Histórico, 25 de junio de 1985
- [2] H. Kenneth, (1976). *Industrial Archeology. A new introduction*. Londres. John Baker (3ª edición)
- [3] J.M. Chaplain, (1984). *La chambre des tisseurs. Louviers; cité drapière. 1680-1840*. Seyssel, Le Champ Vallon-Collection Milieux.
- [4] I. Casado Galván, (2009). Breve historia de la protección del Patrimonio industrial, en *Contribuciones a las ciencias sociales*, noviembre 2009. www.eumed.net/rev/cccss/06/icg4.htm.
- [5] G. Carozzi, (1991). *Arqueología Industrial*. Universidad Iberoamericana.
- [6] J.L.J. Pérez Martín, (2017). *Restauración y Rehabilitación. Tomo 1, Tema 1 "Restauración y Rehabilitación: Evolución teórica"*. Fundación Escuela de la Edificación (En revisión para imprenta). p. 81.
- [7] "Carta de Nizhny Tagil (Rusia) sobre el Patrimonio Industrial" (2003), elaborada por el Comité Internacional para la Conservación sobre el Patrimonio Industrial (TICCIH).
- [8] <http://www.ticcih.es/documentos/plan-nacional-de-patrimonio-industrial>. 5 de septiembre de 2011)
- [9] M. Linarejos Cruz, D. Fernández-Posse, A. Humanes y R. de la Mata (2002) *El Plan Nacional de Patrimonio Industrial*. Publicado en *PATRIMONIO INDUSTRIAL. LUGARES DE LA MEMORIA: Proyectos de reutilización en industrias culturales, turismo y museos*. Gijón, 2002, 209 pp., INCUNA. Asociación de Arqueología Industrial, Colección. "Los ojos de la memoria" volumen nº 2. (Actas de las III Jornadas Internacionales de Patrimonio Industrial, junio 2001). Trascrito desde: <http://www.ticcih.es/wp-content/uploads/2011/03/Plan-Nacional-de-Patrimonio-Industrial.pdf>

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.



Describing the urban form: morphometric indexes

Describiendo la forma urbana: índices morfométricos

NICOLÁS RAMÍREZ

Department of Engineering Systems and Management. Masdar Institute, P.O. box 54224. Abu Dhabi. United Arab Emirates.
email: nramirezgoicoechea@masdar.ac.ae

AFSHIN AFSHARI

Department of Engineering Systems and Management. Masdar Institute, P.O. box 54224. Abu Dhabi. United Arab Emirates.
email: aafshari@masdar.ac.ae

JULIÁN GARCÍA

Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 28040. Spain.
email: julian.garciam@upm.es

- ◊ Aerodynamic parameters can be related to the morphometry of urban shape.
- ◊ Morphometric indexes are an appropriate tool to relate urban morphometry and aerodynamic parameters.

Characterizing the urban form of cities from an aerodynamic point of view is essential to forecast pollutant dispersion, to implement and understand natural ventilation strategies or to enhance outdoor thermal comfort and pedestrian wind environment, to name a few. Nonetheless, accurate results make use, normally, of Computational Fluid Dynamic (CFD) simulations, wind tunnel experiments and/or field measurements. However, these methodologies are expensive, time consuming and sometimes impossible to carry out. Therefore, simplified ways of characterizing a city aerodynamically must be put forward to bridge this gap. Two of the most common aerodynamic parameters, namely Z_0 (roughness length) and Z_d (zero displacement length), can be related to the morphometry of the urban shape through simple morphometric indexes. This paper explores and analyses these indexes, and suggests an alternative and improved definition that might achieve more accurate results.

Morphometric indexes; Aerodynamic parameters; City; Urban form

- ◊ Los parámetros aerodinámicos pueden relacionarse con la morfometría de la forma urbana.
- ◊ Los índices morfométricos son una herramienta adecuada para relacionar la morfometría urbana con los parámetros aerodinámicos.

Caracterizar la forma urbana de las ciudades desde un punto de vista aerodinámico es esencial para poder prever la dispersión de contaminantes, para implementar y comprender las estrategias de ventilación natural o para mejorar el control térmico en exteriores o el ambiente de viento peatonal, por citar sólo algunos casos. Para cualquiera de estos análisis, si se desea disponer de valores de cierta precisión es habitual emplear simulaciones mediante dinámica de fluidos computacional (CFD), experimentos en túnel de viento y/o tomas de datos de campo. Estos métodos, sin embargo, implican una inversión económica y temporal que en ocasiones no es posible realizar. El empleo de métodos simplificados para caracterizar la ciudad desde un punto de vista aerodinámico puede ayudar a hacer más sencillos estos procesos. Dos de los parámetros aerodinámicos más habituales, Z_0 (rugosidad superficial) y Z_d (longitud desplazamiento cero) pueden ponerse en relación con la morfometría de la forma urbana a través de índices morfométricos simples. Esta comunicación explora y analiza estos índices, y sugiere una definición alternativa y mejorada que puede posibilitar resultados más ajustados.

Índices morfométricos; Parámetros aerodinámicos; Ciudad; Forma urbana

Abbreviations: Computational Fluid Dynamics (CFD), Urban Heat Island (UHI) Urban Canopy Layer (UCL), Urban Boundary layer (UBL), Monin-Obukhov Similarity (MOS), surface roughness length (Z_0) and surface displacement length (Z_d)

1. INTRODUCCIÓN

The need to quantify and understand momentum transfer close to and above roughness elements, such as buildings within a city, and the mixing and transport within these areas is important for a number of reasons. It can provide an enhanced understanding of the Urban Heat Island (UHI) effect, passive natural ventilation strategies for outdoor thermal comfort, dispersion of pollutants and pedestrian wind environment, to name a few.

In many cities, air quality has become an issue of increasing importance. Understanding how the buildings affect the airflow is very important to forecast pollutant dispersion.

The mixing and transport of pollutants in urban areas is governed by processes that occur at the street level, through the neighbourhood scale, up to the city scale and beyond [1]. The vertical exchanges between the Urban Canopy Layer (UCL) and the Urban Boundary layer (UBL) above the city play a crucial role, where advection from other parts of the city directly affects the UBL structure and pollutant levels [2].

A large number of investigations have been carried out to gain more understanding on the atmospheric circulation in an urban canopy by means of numerical simulations [3-7] wind-tunnel experiments [8-12] and field measurements [13].

2. THE MONIN-OBUKHOV SIMILARITY THEORY

The Monin-Obukhov Similarity (MOS) theory allows describing mean flow and temperature in the atmospheric surface layer as a function of a dimensionless height parameter. It is a special case of the similarity theory, an empirical method widely used in boundary layer meteorology.

The MOS theory generalizes the mixing length theory by using functions of dimensionless heights to characterize the vertical distributions of mean flow and temperature.

Even though the MOS theory is still questioned, it is however applicable to model the mean flow and turbulence properties above the urban canopy layer [1].

The two key scaling factors are the friction velocity, u_* , and the Obukhov length, L .

The latter accounts for the effects of atmospheric stability and buoyancy on turbulent flows. It characterizes the relative contributions of shear production and buoyant production to the turbulent kinetic energy and is defined as:

$$L = -\frac{u_*^3/k}{gH_s/C_p\rho T} \quad (1)$$

where g is the acceleration due to gravity, C_p is the specific heat of air at constant pressure, ρ and T are the air density and temperature, respectively, and k is von Karman's constant taken to be 0.4. H_s is the sensible heat flux from the ground surface and thus this parameter is positive during day and negative at night.

The mean wind-speed profile follows the Monin-Obukhov similarity theory when two scaling lengths are included, z_0 (surface roughness length) and z_d (surface zero displacement height):

$$u(z) = \frac{u_*}{k} \left[\ln\left(\frac{z-z_d}{z_0}\right) + \psi\left(\frac{z}{L}\right) \right] \quad (2)$$

where the universal dimensionless stability term, $\psi(z/L)$, equals to zero in neutral or adiabatic conditions; that is when $L \rightarrow \infty$ or $z/L \rightarrow 0$. The surface zero displacement height, or zero-plane displacement height, is the height above the

ground at which the wind speed is equal to zero as a result of large obstacles; the surface roughness length accounts for the effect of the roughness of a surface on the wind flow and represents the height at which the wind speed becomes zero theoretically; and z is the height above the ground.

Our model makes use of neutral atmospheric conditions, for which the Monin-Obukhov similarity theory equation simplifies to:

$$u(z) = \frac{u_*}{k} \ln\left(\frac{z-z_d}{z_0}\right) \quad (3)$$

A number of methods have been proposed to estimate the values of the scaling lengths z_d and z_0 . Grimmond and Oke [14] refer to two types of approaches that are most commonly used: morphometric methods and anemometric methods.

The latter uses data from field observations to solve the aerodynamic parameters, while the former relates aerodynamic parameters to measures of surface morphology.

Although wind-based methods have the advantage that the characteristics of the surface do not need to be specified, it is difficult to find a satisfactory measurement site in a developed city to collect high-quality data [15].

Furthermore, full-scale measurements are highly influenced by unsteady and uncontrollable meteorological conditions [16-18], and do not provide a complete image of the flow field, due to the low number of measuring locations.

Nevertheless, they provide essential data with which to verify mathematical models.

3. DISCUSSION. MORPHOMETRIC INDEXES

Precise understanding of the aerodynamic characteristics of cities is vital to describe, model, and forecast the behaviour of urban winds and turbulence at all scales [14].

These aerodynamic parameters, namely z_d and z_0 , can be related to the morphometry of the urban shape through simple morphometric indexes.

Grimmond and Oke [14] conclude that the relationship between aerodynamic and morphometric parameters proposed by Bottema [19], Macdonald, et al. [20] and Raupach [21] are probably the best that are currently available. Nonetheless, this is out of the scope of this paper.

Two of the most common parameters that describe the morphology of groups of buildings are the plan area index (λ_p) and frontal area index (λ_f), defined as the ratio of the cross-section to the total plot area and the frontal area to the plot area, respectively.

The plan area-weighted height of buildings, $\overline{z_H}$ – commonly designated as $\overline{z_p}$ –, is also often used across the literature to describe the morphology of urban areas:

$$\lambda_p = \frac{\overline{A_P}}{\overline{A_T}} \quad (4)$$

$$\lambda_f = \frac{\overline{A_F}}{\overline{A_T}} \quad (5)$$

$$\overline{z_p} = \frac{\sum A_{P,i} h_i}{\sum A_{P,i}} \quad (6)$$

$$\lambda_p(z) = \frac{A_p(z)}{A_T} \quad (7)$$

where h_i and $A_{P,i}$ are the height and plan area of building i , respectively. Figure 1 illustrates the definitions of the main geometric dimensions of a simple, idealized obstacle array.

The plan area index provides a measure of the density of buildings, as buildings that are further apart have λ_p values close to zero.

The frontal area index, λ_f , provides a measure of the area of building face exposed to the wind; it represents the surface that the incoming wind flow can see. Therefore, a single building may have different frontal areas, depending on the wind direction, as shown in Figure 2.

Nonetheless, these definitions – Equations (4), (5) and (6) – are unable to account for a set of buildings of irregular heights and shapes. Therefore, it makes sense to introduce height-dependent geometric indexes to better understand and characterize the morphometry of the domain.

The improved plan area index is simply defined as:

where $A_p(z) = \sum A_{P,i}(z)$ is the cross-sectional plan area of all buildings at height z , and A_T is the cross-sectional plan area of building i at height z . Note that at $z=0$, we arrive to the same result as Equation (4). In other words, Equation (4) is a special case of Equation (7), where we evaluate the morphometric indexes only at ground level.

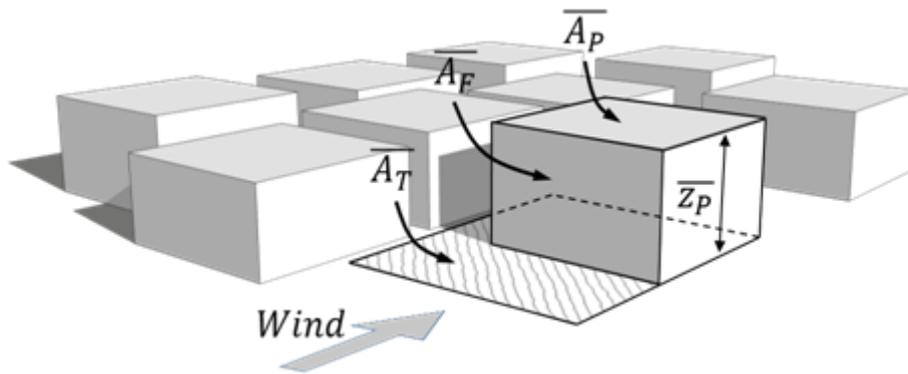


Figure 1: Definition of surface dimensions used in morphometric analysis.

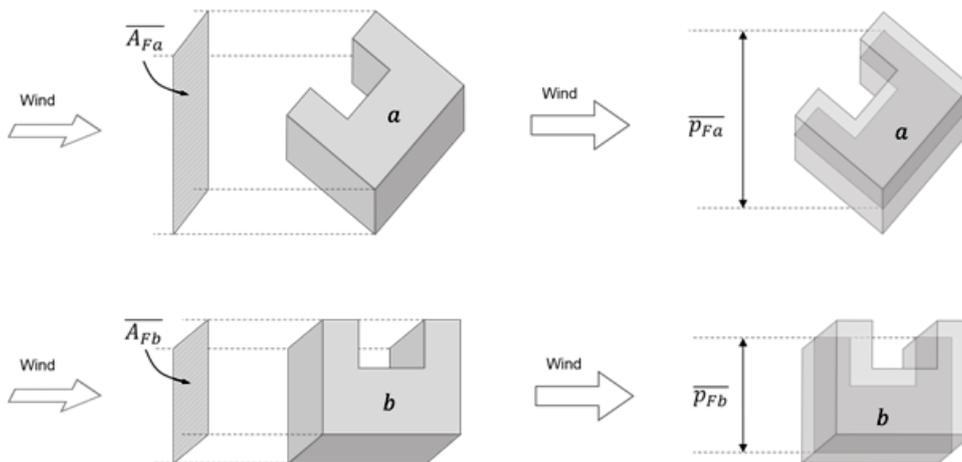


Figure 2: Representation of frontal area (left) and frontal perimeter (right).

Similarly, we define the frontal area index as:

$$\lambda_F(z) = \frac{h_F P_F(z)}{A_T} \quad (8)$$

where $P_F(z) = \sum P_{Fi}(z)$ is the sum of projections, at height z , of the perimeters of all buildings onto the plane perpendicular to the flow direction and $P_{Fi}(z)$ is the projected perimeter of building i at height z , as seen in Figure 2.

Finally, the frontal area weighted average height of buildings, h_F , is defined as:

$$h_F = \frac{\sum h_i P_{Fi}(0) h_F}{\sum P_{Fi}(0) h_F} = \frac{\sum h_i P_{Fi}(0)}{\sum P_{Fi}(0)} \quad (9)$$

Once more, it can be stated that at $z=0$ Equations (8) and (5) are equivalent.

4. CONCLUSIONS

Some simple morphometric indexes that characterize urban shape can be related to the aerodynamic parameters Z_d and Z_0 . The improved definitions of the plan area density ratio and the frontal area density ratio stated above might help to correctly characterize the morphology of buildings or sets of buildings which vary their cross-section with height and thus provide better estimates of Z_d and Z_0 through morphometric methods.

These improvements can be used to provide an enhanced understanding of how buildings affect the airflow, enabling a more accurate forecast of pollutant dispersion, providing a tool to prevent the Urban Heat Island effect and allowing intelligent design of passive natural ventilation strategies.

5. REFERENCIAS

- [1] R. E. Britter and S. R. Hanna, "Flow and dispersion in urban areas," *Annual Review of Fluid Mechanics*, vol. 35, pp. 469-496, 2003.
- [2] A. Martilli and J. L. Santiago, "CFD simulation of airflow over a regular array of cubes. Part II: analysis of spatial average properties," *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 122, pp. 635-654, 2007.
- [3] J. L. Santiago, A. Martilli, and F. Martín, "CFD simulation of airflow over a regular array of cubes. Part I: Three-dimensional simulation of the flow and validation with wind-tunnel measurements," *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 122, pp. 609-634, 2007.
- [4] O. Coceal, T. G. Thomas, I. P. Castro, and S. E. Belcher, "Mean flow and turbulence statistics over groups of urban-like cubical obstacles," *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 121, pp. 491-519, 2006.
- [5] Z. T. Xie, O. Coceal, and I. P. Castro, "Large-Eddy simulation of flows over

random urban-like obstacles," *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 129, pp. 1-23, 2008.

[6] R. Ramponi, B. Blocken, L. B. de Coe, and W. D. Janssen, "CFD simulation of outdoor ventilation of generic urban configurations with different urban densities and equal and unequal street widths," *Building and Environment*, vol. 92, pp. 152-166, 2015.

[7] Y. Cheng, F. S. Lien, E. Yee, and R. Sinclair, "A comparison of large Eddy simulations with a standard $k-\epsilon$ Reynolds-averaged Navier-Stokes model for the prediction of a fully developed turbulent flow over a matrix of cubes," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 91, pp. 1301-1328, 2003.

[8] R. N. Meroney, M. Pavageau, S. Rafailidis, and M. Schatzmann, "Study of line source characteristics for 2-D physical modelling of pollutant dispersion in street canyons," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 62, pp. 37-56, 1996.

[9] P. Kastner-Klein and E. J. Plate, "Wind-tunnel study of concentration fields in street canyons," *Atmospheric Environment*, vol. 33, pp. 3973-3979, 1999.

[10] F. Pascheke, B. Leidl, and M. Schatzmann, "Dispersion of traffic pollutants in street canyons - Systematic wind tunnel study to evaluate a field tracer experiment," *5th International Conference on Urban Air Quality*, p. 4, 2005.

[11] H. Cheng and I. P. Castro, "Near-wall flow development after a step change in surface roughness," *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 105, pp. 411-432, 2002.

[12] H. Cheng and I. P. Castro, "Near wall flow over urban-like roughness," *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 104, pp. 229-259, 2002.

[13] G. Vachon, P. Louka, J. M. Rosant, P. Mestayer, and J. F. Sini, "Measurements of traffic-induced turbulence within a street canyon during the Nantes '99 experiment," *Third International Conference on Urban Air Quality*, 2001.

[14] C. S. B. Grimmond and T. R. Oke, "Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form," *Journal of Applied Meteorology*, vol. 38, pp. 1262-1292, 1999.

[15] G. Liu, J. Sun, and W. Jiang, "Observational verification of urban surface roughness parameters derived from morphological models," vol. 16, pp. 205-213, 2009.

[16] M. Schatzmann and B. Leidl, "Issues with validation of urban flow and dispersion CFD models," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 99, pp. 169-186, 2011.

[17] M. Schatzmann, S. Rafailidis, and M. Pavageau, "Some remarks on the validation of small-scale dispersion models with field and laboratory data," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 67, pp. 885-893, 1997.

[18] T. van Hooff and B. Blocken, "Full-scale measurements of indoor environmental conditions and natural ventilation in a large semi-enclosed stadium: Possibilities and limitations for CFD validation," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 104, pp. 330-341, 2012.

[19] M. Bottema, "A method for optimisation of wind discomfort criteria," vol. 35, pp. 1-18, 2000.

[20] R. W. Macdonald, R. F. Griffiths, and D. J. Hall, "An improved method for the estimation of surface roughness of obstacle arrays," *Atmospheric Environment*, vol. 32, pp. 1857-1864, 1998.

[21] M. R. Raupach, "Simplified expressions for vegetation roughness length and zero-plane displacement as functions of canopy height and area index," *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 71, pp. 211-216, 1994.

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Building & Management is an open access scientific e-journal promoted by the School of Building Engineering (ETSEM) of the Universidad Politécnica de Madrid (UPM) and published every four months, three times a year, March, July and November. It aims at the dissemination of high quality original works related to the management of processes associated to buildings, in any phase of their development, where various agents in the sectors of architecture, engineering and construction participate.

1. JOURNAL AIMS AND SCOPE

Topics of interest include all the theoretical, methodological and/or practical advances, in building management --one or several processes-- within any life phase of the building. These could be developed at the academic or professional level.

This magazine is addressed to all the interveners of the building sector. For its better diffusion title, abstract, highlights and keywords of the articles will be published in English and Spanish, and the body is allowed in both languages. English is preferred.

The content will consist primarily of original research manuscripts. However B&M is also open to the publication, always within the scope of the magazine, of: review articles, technical reports, best practices, conference papers, fast-track communications, letters to the editor, states of the art and book reviews. Academic-scientific content must prevail in all occasions.

2.2 BLINDED PEER-REVIEW PROCESS

The Editorial Board of the magazine, after verification that the article complies with the rules on style and content indicated in the guidelines for authors, sent the text, as double-blind model, to two anonymous external expert reviewers within the specific field, for its evaluation, or to a third if necessary.

Authors will be informed about the initial acceptance or rejection within a month. The evaluation will focus in the interest of the article, its contribution to knowledge of the subject treated, the contributed novelty, the established relationships, critical judgment, developed content, structure, use of bibliographic and references that are handled properly, wording, etc. Indicating recommendations for its possible improvement.

Based on the recommendations of the reviewers, the Editorial Board will inform authors the reasoned result of reports by email, at the address they have used to send the article. The revision process lasts approximately three or four months, without any cost for authors. The Editorial Board will communicate the result to the principal author of the review (published unchanged, with minor corrections publication, publication with important fixes, not suitable for publication).

Building & Management es una publicación de gestión en Edificación de la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Se trata de una revista digital científica abierta con periodicidad cuatrimestral (marzo, julio, noviembre), que tiene como primer objetivo la divulgación de trabajos originales sobre gestión de los procesos vinculados a la edificación, desarrollados por los sectores de la Arquitectura, Ingeniería y construcción en cualquiera de las fases del ciclo de vida del edificio.

1. TEMÁTICA Y ALCANCE DE LA REVISTA

Los temas de interés incluyen todos los avances teóricos, metodológicos y/o empíricos, a nivel académico o profesional, en la gestión de uno o varios procesos dentro de cualquiera de las fases de vida del edificio.

Esta revista va dirigida a todos los agentes del sector de la edificación. Para su mayor difusión el título, resumen, titulares y las palabras clave de los artículos se publican en inglés y en español y el cuerpo del artículo se admite en ambos idiomas dando preferencia al inglés.

El contenido estará formado fundamentalmente por artículos científico-técnicos originales, no obstante, de igual forma y siempre dentro del ámbito de alcance de la revista, B&M también está abierta a la publicación de: artículos de revisión, informes técnicos, buenas prácticas, comunicaciones en congresos, comunicaciones cortas, cartas al editor, estados del arte y reseñas de libros. En todos los casos deberá primar el contenido científico académico, ajustándose al formato de este tipo de publicaciones.

2.2 REVISIÓN POR PARES DOBLE CIEGO

Los trabajos presentados serán sometidos a una revisión inicial por parte del comité editorial. Los autores de los manuscritos enviados serán informados de la aceptación inicial para su revisión o del rechazo de su artículo en el plazo de un mes de la recepción del mismo.

Si sus contenidos son adecuados serán enviados para una revisión por pares realizada por expertos independientes y de reconocido prestigio, y por un tercero en caso necesario, ajustándose a los protocolos de publicaciones científicas seriadas. Los evaluadores serán seleccionados por el Comité de Redacción en función de su trayectoria investigadora.

Las revisiones por pares se realizarán por un test de doble ciego gestionado online. La valoración incidirá sobre el interés del artículo, su contribución al conocimiento del tema tratado, las novedades aportadas, las correctas relaciones establecidas, el juicio crítico desarrollado, la estructura del contenido, los referentes bibliográficos manejados, su correcta redacción, etc., indicando recomendaciones, si las hubiera, para su posible mejora.

If the manuscript has been accepted with modifications, authors should resubmit a new version of the article, following demands and suggestions of the external evaluators. If desired, the authors can also provide a letter, by email, to the Editorial Board in which they indicate the content of modifications of the article.

If desired, the authors can also provide a letter, by email, to the Editorial Board in which they indicate the content of modifications of the article.

Articles with significant corrections may be sent back to blind peer review to verify the validity of changes made by the author.

Considering the degree of compliance with changes requested, the Board shall decide whether or not the publication of the article. This decision shall be communicated to the author by the Editorial Board and in case of publication the manuscript will be dated as accepted.

3. SUBMITTING A MANUSCRIPT

3.1. FORMAT

Building & Management is an open access publication. Articles will be published online in PDF format, and will be available for free to readers immediately after publication online, without any restriction, at the following electronic address: http://polired.upm.es/index.php/building_management/

The Universidad Politécnica de Madrid reserves the right to distribute the complete numbers as an electronic book for its sale, either in PDF format, ePub or in any other electronic possible format, now or in the future, and / or paper format in print on demand. These alternative formats will have identical content and will be subject to the same copyright as the individual articles in the digital edition, and will be considered equivalent for all purposes.

3.2. SUBMITTING PROCESS

All manuscripts will preferably be written in English or Spanish. Submitted manuscripts will undergo a reviewing process, starting with a linguistic review. Manuscripts with a poor quality in this regard will be returned without evaluation. The submission of a manuscript implies that all co-authors have approved and accepted the content of the submitted text, tables, graphic material and any other complementary material supplied. The corresponding author will be responsible for all the co-authors to correct information about the manuscript. All submissions must be accompanied by a signed letter stating the originality and unpublished nature of the content of the manuscript, and their assurance that it has not been simultaneously sent to another publication for its evaluation. The letter can be downloaded at <https://drive.upm.es/index.php/s/FeqbSU7DSswCIOI>

El consejo editorial decidirá si el manuscrito es aceptado o rechazado basándose en los informes y recomendaciones de los evaluadores externos. El proceso de evaluación tiene normalmente una duración aproximada de entre tres y cuatro meses y no tiene ningún coste para los autores. Todos los informes de evaluación se enviarán a los autores, manteniendo el anonimato (publicación sin cambios; publicación con correcciones menores; publicación con correcciones importantes; no aconsejable para su publicación). En el caso de la aceptación del artículo, los autores deberán considerar los comentarios realizados por los evaluadores y volver a enviar el trabajo con los cambios oportunos. El proceso de revisión se repite, manteniendo el anonimato. En caso que la segunda revisión de los evaluadores sea de nuevo favorable, será probable que el artículo se acepte para su publicación definitiva. Cuando ésta se produzca, al trabajo se le asignará una fecha de aceptación.

3. ENVÍO DE MANUSCRITOS

3.1. FORMATO

Building & Management es una publicación en línea de libre acceso. Los artículos serán publicados en línea en formato PDF, y estarán disponibles de forma gratuita para los lectores inmediatamente después de su publicación en línea, sin ninguna restricción en la siguiente dirección electrónica: http://polired.upm.es/index.php/building_management/ La Universidad Politécnica de Madrid se reserva el derecho de distribuir para su venta los números completos como libro electrónico, ya sea en formato PDF, ePub o en cualquier otro formato electrónico posible en el presente o en el futuro, y/o en formato papel en impresión bajo demanda. Estos formatos alternativos tendrán un contenido idéntico y estarán sujetos a los mismos derechos de autor que los artículos individuales en la edición digital, y serán considerados equivalentes a todos los efectos.

3.2. ENVÍO DE MANUSCRITOS PARA SU EVALUACIÓN Y APROBACIÓN

Los manuscritos estarán redactados preferentemente en Inglés o Español. Los manuscritos enviados serán revisados en primer lugar desde el punto de vista lingüístico. Los manuscritos con un nivel de calidad deficiente en este aspecto serán devueltos sin ser evaluados. El envío de un manuscrito implica que todos los coautores han aprobado y aceptado el contenido del texto remitido, las tablas, el material gráfico y cualquier otro material complementario suministrado. El autor designado como persona de contacto será responsable de que todos los coautores dispongan de información correcta sobre el manuscrito enviado. Todos los envíos deberán ir acompañados de una carta firmada indicando el carácter original e inédito del contenido del manuscrito, y que el mismo no ha sido enviado simultáneamente a otra publicación para su valoración. La carta se puede descargar en <https://drive.upm.es/index.php/s/FeqbSU7DSswCIOI>

3.3. MANUSCRIPT

To help authors to prepare the manuscripts a standard template can be downloaded at http://polired.upm.es/public/journals/22/Author_template_B M.docx

3.4. MANUSCRIPT DELIVER AND ACCEPTANCE

All proposed contents will be related to the objectives of the journal and will have to adhere to the rules contained in the following sections. Manuscripts will be sent to the following email address: bm.edificacion@upm.es. Papers will be written in Spanish or English. Manuscripts should be between 6000 and 8000 words in length, including abstract, key words, highlights, references, etc. Each table or figure will be considered equivalent to 200 words. And before we can accept a manuscript, B&M requires Open Researcher and Contributor ID (ORCID) information for every author on the paper.

3.5. MANUSCRIPT ADMISSION

All manuscripts received will be evaluated through a double-blind system. Suggestions will be sent to the authors to make the necessary modifications. Only original manuscripts that have not previously been published in other journals will be accepted.

3.6. TITLE

The title should be concise, informative, meaningful to the whole readership of the journal and will be written in English and Spanish. The name and surname of the author(s) and the company, university or research center, as well as the e-mail address, will be indicated below.

3.7. ABSTRACT

The articles will include a summary in English and Spanish (between 200 and 300 words) that clearly state the objectives, the approach and conclusions of the research.

3.8. KEYWORDS AND HIGHLIGHTS

Between 4 and 6 keywords in Spanish and English will be included, as well as 3 to 5 headlines (phrases that define the most important issues of the article, with no more than 85 characters each, spaces included).

3.9. PRODUCTION AND SUBMISSION

Writing clear, concise sentences. Proposals will be sent to the e-mail address bm.edificacion@upm.es in electronic format. The text will be sent in a file in .doc format, including the images in the desired place. Articles will be accepted in English and Spanish. When the text is written in English, Sending either the title or the abstract in Spanish will not be necessary.

3.3. PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO

Para ayudar a los autores en la preparación de sus manuscritos existe una plantilla que se puede http://polired.upm.es/public/journals/22/Author_template_B M.docx

3.4. ENVÍO Y ACEPTACIÓN

Los trabajos para publicar estarán relacionados con los objetivos de la revista y tendrán que ceñirse a las normas contenidas en los siguientes apartados, debiendo enviar los trabajos a la dirección de correo electrónico bm.edificacion@upm.es. Los trabajos se redactarán en español o en inglés, con una extensión entre 6000 y 8000 palabras, incluyendo resumen, palabras clave, titulares, referencias, etc., así como tablas y figuras con una equivalencia de 200 palabras por cada una. Todos los autores deben aportar su identificador digital ORCID.

3.5. ADMISIÓN DE ORIGINALES

Todos los originales recibidos serán evaluados mediante el sistema de doble ciego cuyas sugerencias se enviarán a los autores para que realicen las modificaciones pertinentes. Sólo se aceptarán trabajos originales que no hayan sido publicados anteriormente en otras revistas.

3.6. TÍTULO

El título de los trabajos será conciso e informativo y expresará su contenido, en inglés y en español. Seguidamente se indicará nombre y apellido del autor o autores, organismo o centro de trabajo y dirección de correo electrónico.

3.7. RESUMEN

Los artículos deberán ir acompañados de un resumen en inglés y en español (entre 200 y 300 palabras) que con toda claridad señale los objetivos, el planteamiento y conclusiones del trabajo.

3.8. PALABRAS CLAVE Y TITULARES

Se incluirán entre 4 y 6 palabras clave en inglés y en español, así como 3 a 5 titulares (frases que definen lo más importante del trabajo, con no más de 85 caracteres incluyendo espacios cada una).

3.9. REDACCIÓN DEL TEXTO Y PRESENTACIÓN

La redacción será clara y concisa. Los trabajos se enviarán a la dirección de correo electrónico bm.edificacion@upm.es en formato electrónico. El texto se enviará en un archivo en formato Word, incluidas las imágenes en el lugar deseado. Los trabajos se admitirán en inglés y en español. Cuando el texto esté redactado en inglés, no será necesario mandar ni el título ni el resumen en español.

3.10. REFERENCES

References must be limited to those indispensable that are directly related to the article's content. Citations in the text and references will meet the IEEE standard format. There should be no less than 25 references and at least 30% of them from the last 4 years.

The DOI (Digital Object Identifier) should be incorporated into every reference for which it is available.

♦ Books

[1] A. Rezi and M. Allam, "Techniques in array processing by means of transformations," in *Control and Dynamic Systems*, Vol. 69, *Multidimensional Systems*, C. T. Leondes, Ed. San Diego: Academic Press, <http://dx.doi.org/>, 1995, pp. 133-180.

♦ Journal articles

[2] G. Liu, K. Y. Lee, and H. F. Jordan, "TDM and TWDM de Bruijn networks and sufflenets for optical communications," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 46, pp. 695-701, <http://dx.doi.org/>, June 1997.

♦ Technical report

[3] K. E. Elliot and C. M. Greene, "A local adaptive protocol", Argonne National Laboratory, Argonne, France, Tech. Rep. 916-1010-BB, <http://dx.doi.org/>, 1997

♦ Master End Project or PhD thesis

[4] J.-C. Wu. "Rate-distortion analysis and digital transmission of nonstationary images". Ph.D. dissertation, Rutgers, the State University of New Jersey, Piscataway, NJ, USA, <http://dx.doi.org/>, 1998.

♦ Internet

[5] J. Jones. (1991, May 10). *Networks* (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>. Last date reviewed.

3.11. TABLES, FIGURES AND GRÁPHICS

The number of tables and figures should be limited by sending only those that are really useful, clear and representative. They will be numbered correlatively according to the quotation in the text and each one will have its caption. They will be placed in the right place of the text.

Tables and figures should be designed in Word or Excel, so that they are visible when conforming to the format of 8.8 cm (width of 2 columns) presenting a good contrast so that they do not lose quality with the reduction. If necessary, once the article has been accepted, the journal may ask the corresponding author separately for tables and figures with better resolution. Sources must be included, when necessary, for tables, figures.

The resolution of pictures should not be less than 300 dpi (dots per inch). If the size of the final file is too large (more than 10 MB), then the manuscript should contain the figures with minimized resolution, and the original figures must be

3.10. REFERENCIAS

Las referencias deberán reducirse a las indispensables que tengan relación directa con el trabajo enviado. Las citas en el texto y las referencias consignadas seguirán el formato IEEE. Se propone un número de citas no inferior a 25, con el 30% de las mismas publicadas en los últimos cuatro años.

Siempre que la publicación citada disponga de DOI, será necesaria su incorporación en la referencia bibliográfica.

♦ Libros

[1] A. Rezi and M. Allam, "Techniques in array processing by means of transformations," in *Control and Dynamic Systems*, Vol. 69, *Multidimensional Systems*, C. T. Leondes, Ed. San Diego: Academic Press, <http://dx.doi.org/>, 1995, pp. 133-180.

♦ Artículos de revistas científicas

[2] G. Liu, K. Y. Lee, and H. F. Jordan, "TDM and TWDM de Bruijn networks and sufflenets for optical communications," *IEEE Transactions on Computers*, vol. 46, pp. 695-701, <http://dx.doi.org/>, June 1997.

♦ Informes técnicos

[3] K. E. Elliot and C. M. Greene, "A local adaptive protocol", Argonne National Laboratory, Argonne, France, Tech. Rep. 916-1010-BB, <http://dx.doi.org/>, 1997

♦ Trabajo fin de máster o tesis doctoral

[4] J.-C. Wu. "Rate-distortion analysis and digital transmission of nonstationary images". Ph.D. dissertation, Rutgers, the State University of New Jersey, Piscataway, NJ, USA, <http://dx.doi.org/>, 1998.

♦ Internet

[5] J. Jones. (1991, May 10). *Networks* (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>. Last date reviewed.

3.11. TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS

El número de tablas y figuras deberá limitarse en lo posible enviando sólo las que sean realmente útiles, claras y representativas. Estarán numeradas correlativamente según la cita en el texto y cada una tendrá su pie explicativo. Se colocarán en el lugar adecuado del texto.

Las tablas y figuras deben ser diseñadas en Word o Excel, de forma que sean visibles al ajustarse al formato de 8,8 cm (ancho de 2 columnas) presentando un buen contraste de forma que no pierdan calidad con la reducción. En caso de ser necesario, una vez aceptado el artículo, la revista podrá volver a solicitar tablas y figuras por separado y con mejor resolución. En las tablas, figuras e imágenes que no sean del autor se deberán citar las fuentes.

La resolución de las imágenes no será inferior a 300 puntos por pulgada. Si el tamaño del archivo final es demasiado grande (superando los 10 MB), si el artículo es aceptado, se enviará el manuscrito conteniendo en su posición las figuras

provided in separate files, if the article is accepted.

3.12. FORMULAS AND EQUATIONS

Formulas should be inserted and not embedded as an image in the Word document at all. They will be numbered in parentheses in correlative order, following the text citation order, done using the same notation.

3.13. LAYOUT

Authors will receive a layout PDF proof that should be reviewed within a maximum period of three days. Modifications of the original text will not be accepted during the proofreading.

3.14. CHECKLIST BEFORE SUBMITTING

As part of the submission process, authors are required to indicate that their submission complies with all of the following elements, and to accept that submissions that do not comply with these guidelines may be returned to the author.

1. The submission has not been previously published nor been reviewed simultaneously by another journal (Or an explanation has been provided in "Comments to the editor").
2. The file sent is in Word format.
3. The template available on the journal's website has been used and the rules set out have been followed.
4. The authorship declaration is being signed by the author and all the coauthors and attached with the manuscript file in the submitting e-mail to the Editor to bm.edificacion@upm.es
5. The text meets the bibliographic and style requirements indicated in the template available on the journal's website.
6. Description of the last check that must be made before sending the article, in order to avoid the most common errors:
 - ◆ There is a list of the names of all the authors using superscript numeric identifiers to link an author with an address and institution where necessary.
 - ◆ It can be find the institution followed by the full postal addresses (including e-mail) of every author.
 - ◆ Title, abstract, highlights and Keywords are included in English and Spanish.
 - ◆ The main text has 6000 to 8000 words, including abstract, keywords, etc., and also figures and graphics with an equivalence of 200 words for each.
 - ◆ The abstract has 200 to 300 words.
 - ◆ It has 4 to 6 Keywords and It has been selected 3-5 highlights with the main information of the manuscript, each

con una resolución inferior y se aportarán las figuras con máxima resolución en archivos independientes.

3.12. FÓRMULAS Y/O EXPRESIONES MATEMÁTICAS

Deberán insertarse en el propio documento Word y en ningún caso incrustado como imagen. Se numerarán entre paréntesis por orden correlativo, siguiendo el orden de la citación en el texto, que utilizará las misma nomenclatura.

3.13. PRUEBAS

Se enviará a los autores la prueba de maquetación en PDF que deberá ser revisada en un plazo máximo de tres días. En la corrección de pruebas no se admitirán modificaciones del texto original.

3.14. LISTA DE COMPROBACIÓN DE PREPARACIÓN DE ENVÍOS

Como parte del proceso de envío, se les requiere a los autores que indiquen que su envío cumpla con todos los siguientes elementos, y que acepten que envíos que no cumplan con estas indicaciones pueden ser devueltos al autor.

1. El envío no ha sido publicado previamente ni está dentro del proceso de revisión de otra revista (o se ha proporcionado una explicación en "Comentarios al editor").
2. El fichero enviado está en formato Word.
3. Para la redacción del manuscrito se ha utilizado la plantilla disponible en la web de la revista y se han seguido las normas expuestas.
4. Se junta, junto al artículo, el formulario de declaración de autoría disponible en la página web de la revista debidamente relleno y firmado a la dirección de email bm.edificacion@upm.es
5. El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo indicados en las Normas para autoras/es, que se pueden encontrar en Acerca de la revista.
6. Descripción de la última comprobación que debe realizarse antes de enviar el artículo, con el fin de evitar los errores más comunes:
 - ◆ Aparecen los autores con nombres y apellidos o declaración de autor institucional, utilizando el identificador numérico para cada autor.
 - ◆ Aparece la entidad a la que está adscrito el autor o los autores y sus datos de contacto (incluido e-mail).
 - ◆ Se ha expresado el título, el resumen, las palabras claves y los titulares, en español y en inglés.
 - ◆ El número de palabras es de entre 6000 y 8000 palabras, incluyendo resumen, palabras clave, etc., así como tablas y figuras con una equivalencia de 200 palabras por cada una.
 - ◆ La extensión del resumen se adecua a las normas de

- ◆ Tables, diagrams and figures are entered in a borderless text box, including inside the figure caption in the lower part the table foot and are placed and cited in the text in consecutive numerical order
- ◆ The list of references are made according to the reference requirements of the Journal, and at least the 30% of them are dated in the last four years.
- ◆ Authors' short biography with 50 to 75 words is included.
- ◆ The author has the permission to use the material with rights of another author, even if it is in the Web.

Any inquiry regarding the submission of the article can be resolved in the first instance on the website of the magazine. For other inquiries, the magazine contact email is available: bm.edificacion@upm.es

4. COPYRIGHT

The originals of Building & Management magazine are property of the Universidad Politécnica de Madrid, being necessary to cite the origin of any partial or total reproduction.

All the original articles published in Building & Management are subject to discussion and comments from our readers. Opinions should be sent to the journal's email address, within a period of three months, starting from the date of publication.

Authors retain the copyright of the papers and ensure B&M the right to have a Creative Commons license, Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), that allow others to share the article within an author recognition and non commercial use.

Authors can also establish independently additional agreements for the not exclusive distribution of the article published versión in the e-journal (as, for example, to place it in an institutional repository or to publish it in a book).

Unless otherwise indicated, all contents of the electronic edition of Building & Management are distributed under a Creative Commons license and distribution.

5. PRIVACY STATEMENT

The personal data provided to in this journal will be used exclusively for the purposes stated by Building & Management and will not be available for any other purpose or another person.

- ◆ El número de palabras clave son entre 4 y 6, y los highlights entre 3 y 5 con 85 caracteres incluidos espacios.
- ◆ Todas las tablas y figuras están insertadas en cuadros de texto, con su correspondiente leyenda, en la parte inferior de las mismas.
- ◆ Todas las referencias citadas en el texto, están referenciadas al final del artículo y viceversa. Y se nombran en orden de aparición.
- ◆ Todas las referencias están en el formato adecuado y el 30% de las mismas están fechadas en los últimos 4 años.
- ◆ Incluye el perfil académico y profesional del autor/es (entre 50 y 75 palabras)
- ◆ El autor dispone del permiso para usar el material con derechos de otro autor, incluso si está en la Web.

Cualquier consulta relativa a la presentación del artículo, puede resolverse en primera instancia en la página web de la revista. Para otras consultas, se dispone del correo de contacto de la revista: bm.edificacion@upm.es

4. NOTA DE COPYRIGHT

Los originales de la revista Building & Management, son propiedad de la Universidad Politécnica de Madrid, siendo necesario citar la procedencia de cualquier reproducción parcial o total.

Todos los artículos originales que se publican en Building & Management quedan sometidos a discusión y al comentario de nuestros lectores. Las opiniones deben enviarse a la dirección de correo electrónico de la revista, dentro del plazo de tres meses, contados a partir de la fecha de su publicación.

Los autores conservan los derechos de autor y garantizan a la revista el derecho de una licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), que permite a otros compartir el trabajo con un reconocimiento de la autoría y uso no comercial.

Los autores pueden establecer por separado acuerdos adicionales para la distribución no exclusiva de la versión de la obra publicada en la revista (por ejemplo, situarlo en un repositorio institucional o publicarlo en un libro).

Salvo indicación contraria, todos los contenidos de la edición electrónica Building & Management se distribuyen bajo una licencia de uso y distribución Creative Commons.

5. DECLARACIÓN DE PRIVACIDAD

Los nombres y direcciones de correo-e introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines declarados por esta revista y no estarán disponibles para ningún otro propósito u otra persona.

TOPICS COVERED BY B&M

Case studies
Due diligence
Licence management
Risk assessment management
Documentation procurement
Communication and information management: ICT, Big data, Construction 4.0
Management of bill of quantities, estimation, analysis and costs control
Project monitoring
Deadline management
Economic, financial, equipment and human and material resources management
Technical planning management
Management of strategic planning
Design management
Management and control of changes and coordination of activities
Management of production planning and programming
Contracts and construction management
Advanced techniques of construction management
Process management in building, control and process improvement techniques
Management of occupational risk prevention and health & safety
Regulatory management and quality control
Environmental management
Management of waste and polluted soils
Water management
Materials management
Energy management
Other resources management
Building heritage management
Management of conservation, maintenance and exploitation
Facilities management
Building Management systems
Sensing, monitoring and control
Audit of management systems
Energy Audit
Assessment of environmental impact plans, programs and projects
Energy and environmental certification
Implementation of environmental management systems
Management of hygrothermal comfort
Management of acoustic comfort
Indoor air quality management
Accessibility Management
Diagnosis and methodology
Intervention criteria
Reuse
Territory management
Urban planning
Management of environmental resources
Air quality
Training for management
Research in construction
Integrated project management
Real estate assessments
Judicial appraisal
Management of social matters

LÍNEAS DE PUBLICACIÓN DE B&M

Casos de estudio
Due diligence
Gestión de las licencias
Gestión del análisis de riesgos
Gestión de la documentación
Gestión de la comunicación y de la información: TIC, Big data, Construcción 4.0
Gestión de las mediciones, estimación, análisis y control de los costes
Monitorización de proyectos
Gestión de plazos
Gestión económica, financiera, de equipos y de los recursos humanos y materiales
Gestión de la planificación técnica
Gestión de la planificación estratégica
Gestión del diseño
Gestión y control de cambios y coordinación de las actividades
Gestión de la planificación de la producción y programación
Gestión de la contratación y de las obras
Técnicas avanzadas de gestión de la construcción
Gestión del proceso en edificación, técnicas de control y mejora de procesos
Gestión de la prevención de riesgos laborales y seguridad e higiene
Gestión de normativa y control de la calidad
Gestión medioambiental
Gestión de residuos y de suelos contaminados
Gestión del agua
Gestión de los materiales
Gestión de la energía
Gestión de otros recursos
Gestión del patrimonio edificado
Gestión de la conservación, el mantenimiento y explotación
Gestión de las instalaciones
Los sistemas de gestión en el edificio
Sensorización, monitorización y control
Auditoría de sistemas de gestión
Auditoría energética
Evaluación del impacto ambiental de planes, programas y proyectos
Certificación energética y medioambiental
Implantación de sistemas de gestión ambiental
Gestión del confort higrotérmico
Gestión del confort acústico
Gestión de la calidad del aire interior
Gestión de la accesibilidad
Diagnóstico y metodología
Criterios de intervención
Reutilización
Gestión del territorio
Planificación urbanística
Gestión de recursos del entorno
Calidad del aire
Formación para la gestión
Investigación en edificación
La gestión integrada de proyectos
Valoraciones inmobiliarias
Pericia judicial
Gestión de los aspectos sociales

