

# **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ESTRATEGIAS PARA LA DISTRIBUCION DEL ESPACIO EN PLANTA EN LOS CAMPOS DE LA ARQUITECTURA E INGENIERIA**

**Del Río, M.G. <sup>a(p)</sup>; Martínez, J. <sup>a</sup>; Martín, A. <sup>b</sup>; Bravo-Aranda, G. <sup>b</sup>;**

**<sup>a</sup> Departamento de Ingeniería Gráfica**

**<sup>b</sup> Departamento de Ingeniería del Diseño  
Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.**

## **RESUMEN**

El problema de la distribución del espacio en planta ha sido tradicionalmente, y hoy en día continúa siéndolo, uno de los que más interés ha despertado y, por ello, de los más estudiados en Arquitectura e Ingeniería. A pesar de lo cual, en pocas ocasiones los progresos alcanzados por las investigaciones sobre este tema, en cualquiera de estos dos ámbitos, ha trascendido o se ha utilizado en el otro.

En la presente comunicación, y partiendo de la formulación de un objetivo común, se revisa cómo la composición arquitectónica y la arquitectura industrial abordan con enfoques diferentes este problema. Se desarrolla un estudio comparativo de ambos procesos compositivos para, finalmente, poner de manifiesto, como conclusiones principales, aquellos aspectos susceptibles de mejora en el tratamiento que, independientemente, realizan cada una de estas disciplinas de la distribución del espacio en planta.

## **ABSTRACT**

Layout design is a critical step in the overall design process of buildings and industrial facilities, and it has received a lot of attention in the fields of Architecture and Engineering. However, research results from any one of those fields are seldom used in the other. In this paper, we analyse and compare the different approaches of both fields to layout design, emphasizing the strengths and weaknesses they exhibit and showing how they can improve one another.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

La finalidad general del proceso de diseño es obtener la descripción de un producto o servicio que satisfaga ciertas necesidades y deseos. Entre los elementos característicos del proceso de diseño cabe distinguir: la intencionalidad, el equilibrio entre lo deseable y lo posible y el estilo, como un sistema de convenios intangibles y personales que permiten economizar a la hora de tomar decisiones. La complejidad inherente a cualquier trabajo de diseño da lugar a la descomposición del mismo en tareas que interaccionan entre sí, y en el que las decisiones adoptadas han de ser continuamente reconsideradas. Aunque el propósito de un diseño puede conocerse al plantear el problema, las funciones y comportamientos requeridos pueden no estar claros hasta que

se realicen ciertas hipótesis o se propongan ciertas soluciones estructurales. Es patente, por tanto, la complejidad y mala estructuración de los problemas de diseño.

Con independencia de la forma en que se caracterice el proceso de diseño y del tipo de producto o servicio objeto del mismo, siempre están presentes las siguientes etapas mostradas en la figura.

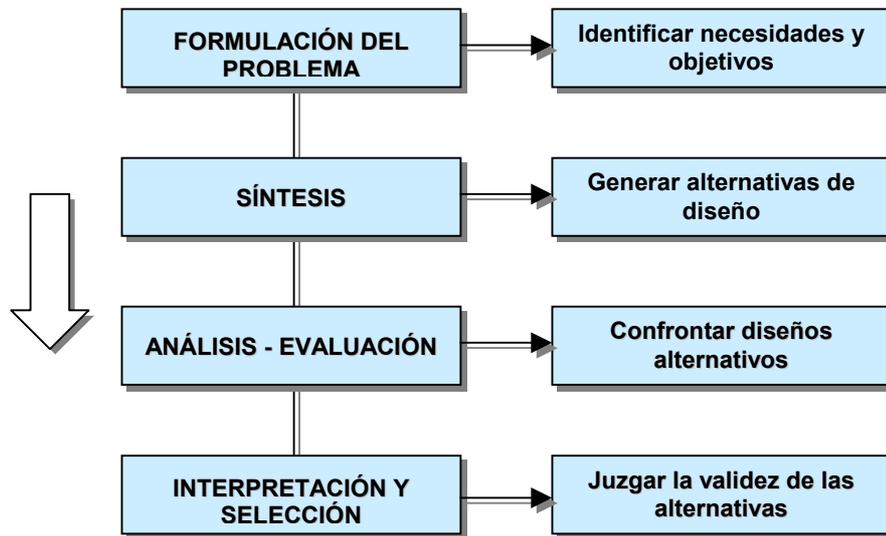


Figura 1. Etapas del proceso de diseño.

El análisis de las visiones más significativas del diseño, pone de manifiesto un nexo común: la consideración del diseño como un proceso de razonamiento. Los últimos modelos de solución de problemas, surgidos en el ámbito de la inteligencia artificial, caracterizan este proceso como una exploración a través de un espacio de estados (descripciones parciales de diseño), que avanza por la aplicación de operadores (acciones de diseño), que aplican conocimiento de diseño y producen transformaciones, en general descripciones más completas, si bien pueden determinar retrocesos a estados previos cuando el actual se pruebe inadecuado y cuyo fin es alcanzar un estado objetivo (una solución de diseño).

La distribución del espacio en planta es un aspecto fundamental del diseño de un edificio o instalación industrial que responde al esquema dado para el proceso de diseño.

En general, en el planteamiento del problema del diseño de la distribución en planta se parte de:

- Un contorno inicial determinado, con su forma y dimensiones externas.
- Los espacios a distribuir y sus dimensiones.
- Los requerimientos de relación y/o proximidad entre las actividades/espacios.

Siendo el resultado la definición de una distribución en planta o layout, donde se persigue maximizar la eficacia y rentabilidad o minimizar los costes de explotación en el caso de instalaciones industriales, y en viviendas optimizar la funcionalidad, belleza y habitabilidad.

Una vez descritos los conceptos básicos del diseño, los procesos típicos de esta actividad, así como los objetivos generales y restricciones cuyo cumplimiento caracterizan a una solución, a continuación se revisa la ecuación capaz de modelar como se diseñan distribuciones en planta o layouts, resultado de particularizar la ecuación general, antes formulada, y que describe como diseña el hombre. Tras esto se analiza con carácter integrador, como arquitectos e ingenieros han establecido sus diferentes distribuciones en planta. Por último, se concluye destacando los puntos fuertes y débiles de cada uno de los planteamientos.

## 2. ESTRATEGIAS DE COMPOSICION ARQUITECTONICA.

La composición arquitectónica puede definirse como el proceso de búsqueda de esquemas físicos u organizaciones que, al realizarse, deberán conseguir ciertos objetivos y atenerse a ciertas restricciones. Este proceso, que suele aplicarse en situaciones complejas, se caracteriza por un pensamiento y juicio creativos. Estas dos funciones se facilitan por medio de operadores representacionales y analíticos, que tienen en cuenta el esquema o boceto que va surgiendo, y proporcionan medidas específicas, cualitativas y cuantitativas, del funcionamiento esperado.

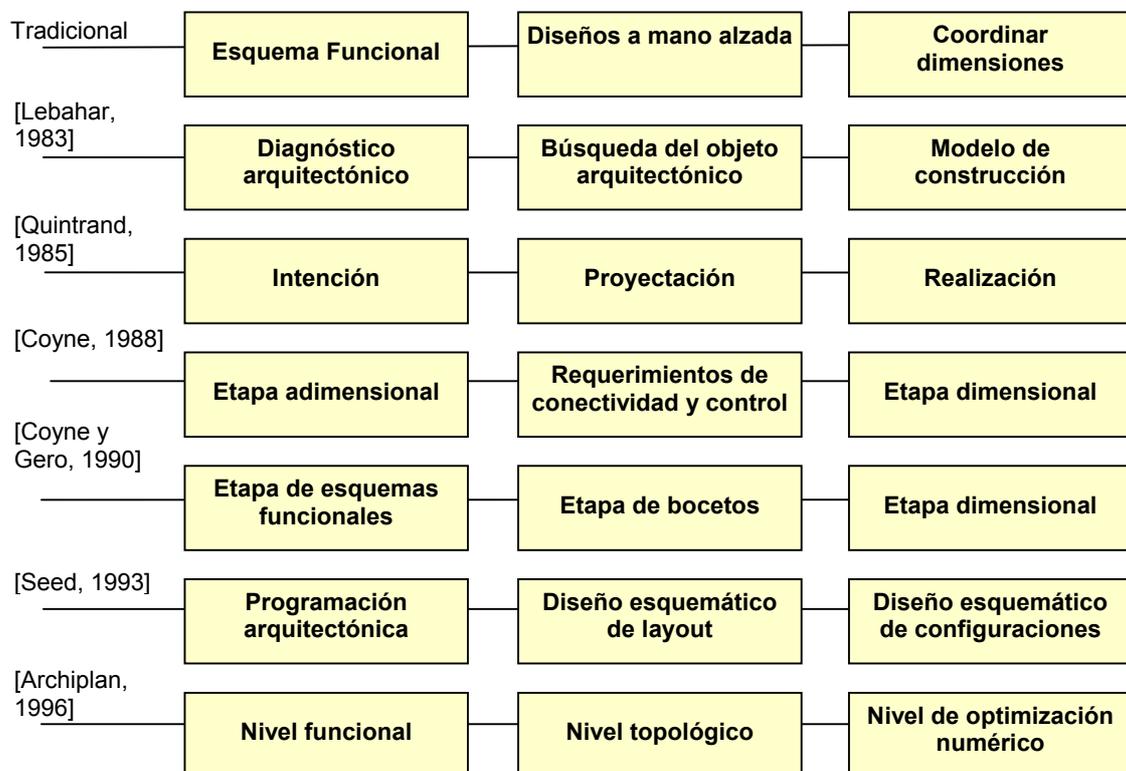


Figura 2. Estrategias de composición arquitectónica. Extraído de [Del Río, 2002]

En general, se pueden diferenciar tres tipos de conocimiento implicados en el proceso de diseño arquitectónico: el conocimiento del dominio, que engloba todo lo relativo a los objetos arquitectónicos y la arquitectura en general; el conocimiento sobre la representación, elementos disponibles para representar gráficamente el objeto arquitectónico que se pretende diseñar; y , por último, el conocimiento sobre el proceso de diseño, que comprende las estrategias y criterios útiles para el proceso de decisión de la forma arquitectónica.

La materialización de los conceptos anteriores ha dado lugar a las diferentes estrategias de composición arquitectónica reflejadas, en orden cronológico, en la figura 2. Se resumen, en dicha figura, en comparación con la metodología tradicional, los últimos procesos de concepción arquitectónica que surgen en los 80, a raíz del auge las nuevas tendencias historicistas y conservaduristas. Como se observa, en lo fundamental las etapas o estructura del proceso, siguen siendo las mismas, aunque hoy en día se cuenta en todas ellas con el apoyo insustituible del ordenador.

### 3. METODOLOGIAS PARA LA DISTRIBUCION EN PLANTA EN INGENIERIA INDUSTRIAL.

La distribución en planta es una parte del proceso global de planificación de la actividad industrial. Este proceso consta de varias fases: definición del producto y proceso productivo, ubicación de la planta industrial, proyecto de la planta industrial y construcción de edificios (obra civil) y sus instalaciones.

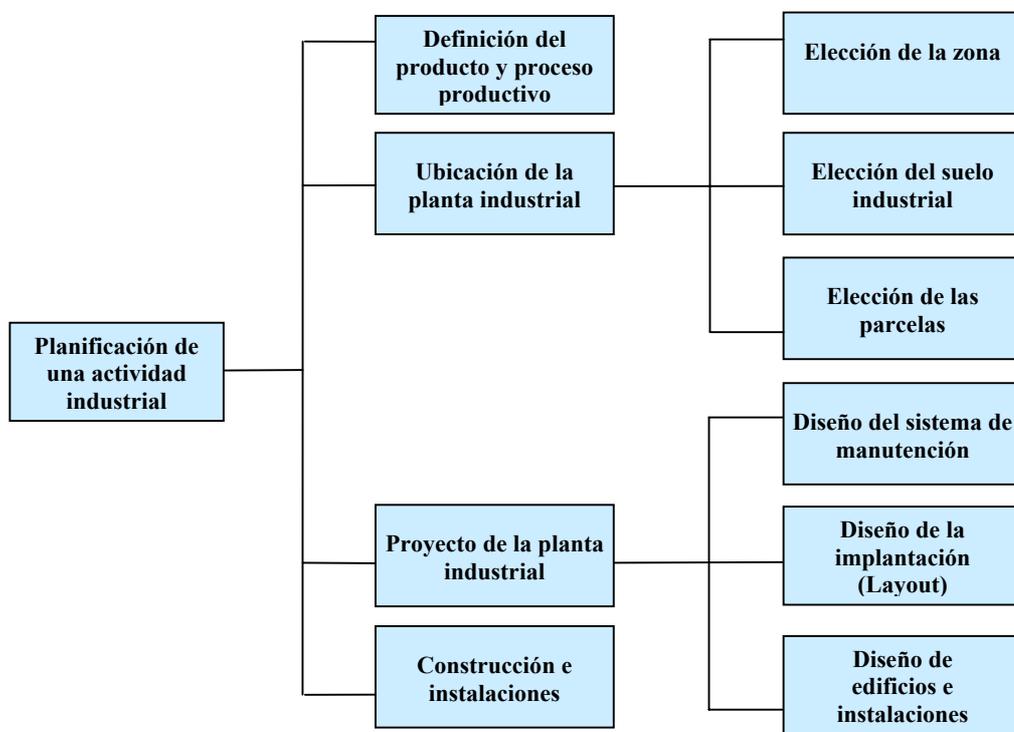


Figura 3. Jerarquía de la planificación de una actividad industrial.

La Arquitectura Industrial se ocupa de estas tres últimas fases del proyecto de una planta industrial, y de forma más específica de la tercera: diseño y proyecto de las instalaciones necesarias para desarrollar una determinada actividad. El objeto de la distribución en planta, es la ordenación de los medios productivos: trabajadores, materiales, maquinaria, mobiliario y servicios auxiliares (mantenimiento, transporte, etc.). En líneas generales, una buena distribución es aquella que consigue una ordenación de los distintos elementos que entran a formar parte del proceso de implantación de forma que ésta sea la más económica para el trabajo, a la vez que la más segura y satisfactoria para los empleados.

Históricamente, tres han sido los tipos básicos de distribución en planta: la implantación por producto, conocida como en cadena o serie; la distribución por proceso o secciones, y la de posición fija del producto. A éstas se ha incorporado, como consecuencia de las exigencias del mercado actual, con productos cada vez más personalizados, las células de fabricación flexible C.F.F., implementación de los sistemas flexibles de fabricación FMS, surgidos como respuesta ante estos requerimientos y constituidos, en suma, como un conjunto de maquinas y herramientas unidas a un sistema de manejo de materiales, y todo ello controlado por un sistema de ordenadores.

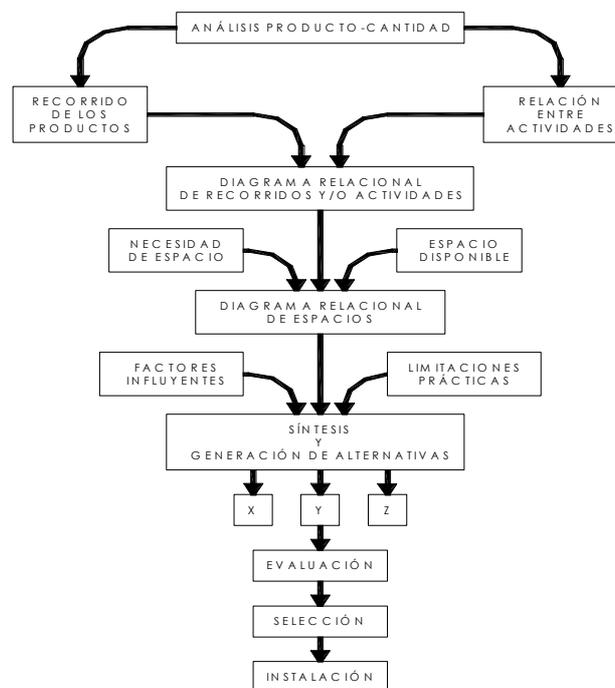


Figura 4. Metodología S.L.P.

El estudio de metodologías para el diseño de distribuciones en planta industriales, se produjo fundamentalmente en la década de los años 50, y entre sus autores destacan Immer [Immer, 1950] y Buffa [Buffa,1955]. En el año 1961, Muther [Muther, 1961] presenta “ Systematic Layout Planning” o método S.L.P. resumido en la figura 4, que incorpora el flujo de materiales, y es común para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza: plantas industriales, hospitales, oficinas, locales comerciales, etc. La amplia aceptación de este procedimiento, y la extensión que los tres modelos de distribuciones básicas han tenido,

ha sido la causa de que no haya habido posteriores investigaciones de relieve en este contexto.

Esto no es indicativo de que el problema de la implantación haya perdido interés en el ámbito de la ingeniería, sino todo lo contrario; alcanzado un acuerdo, prácticamente unánime, sobre la metodología a utilizar, los numerosísimos estudios posteriores, se han centrado en los dos pasos fundamentales del procedimiento: la generación y síntesis de alternativas, a través de los *métodos de generación de layouts*, y la evaluación y selección de las mismas, por medio del estudio de las *técnicas para la optimización de las soluciones*.

### 3.1. Métodos de generación de layouts.

Los métodos de generación de layouts, M.G.L., no sólo persiguen la enumeración exhaustiva de todas las soluciones acordes con los requerimientos, sino que cumplen una labor de filtro inicial de las mismas. Muchos son los métodos propuestos y sólo la enumeración de los mismos abarcaría el contenido de una tesis. Por esto, sólo se va a establecer una taxonomía genérica, destacando los autores originales de cada uno de los procedimientos.

SEGÚN EL CARÁCTER DE LA FUNCIÓN OBJETIVO	Tipo cuantitativo	[CRAFT, 1963]	
	Tipo cualitativo	[Muther, 1961]	
	Multi-criterio	Aditivo	[Rosenblatt, 1979]
		No Aditivo	[Cano, 1987]
SEGÚN LA FORMA DE GENERAR LA SOLUCIÓN	Métodos de construcción	[ALDEP, 1967]	
	Métodos de mejora	[CRAFT, 1963]	
	Métodos híbridos	[BLOCPLAN, 1990]	
SEGÚN LA TÉCNICA EMPLEADA EN UBICAR LAS ACTIVIDADES	Técnicas discretas	[Gilmore, 1962]	
	Técnicas analíticas	[Heragu y Kusiak, 1990]	
	Técnicas de corte	[Stockmeyer, 1983]	

Figura 5. Metodologías para la generación de soluciones. Extraído de [Del Río, 2002]

Se han establecido tres clasificaciones diferentes. Primero, por el carácter de la función objetivo. Destacando, en particular, *las técnicas multicriterio*, hoy unánimemente aceptadas, pero con formulaciones muy diversas según los autores. En segundo lugar, atendiendo a la forma de generar la solución: partiendo de una anterior (*métodos de mejora*) o creando una posible (*métodos de construcción*). El tercer criterio utilizado para clasificar las metodologías ha sido la manera de ubicar las actividades. Tres categorías fundamentales se han fijado: los métodos basados en *técnicas discretas*, los que utilizan una *formulación analítica* del problema y por último, aquellos que recurren a particionar un dominio inicial, a través de *algoritmos de corte*.

En la figura 5, se representan dichas clasificaciones, se indican las características diferenciadoras de los métodos y sus autores originales así como la fecha de publicación de los trabajos.

### 3.2. Técnicas para la optimización de soluciones.

No menos numerosas que los M.G.L. son las técnicas de selección de soluciones disponibles en la actualidad. Una clasificación de estas técnicas se refleja en la figura 6, en la que se incluye el origen de la misma y el primero de los autores que la utilizó en la solución de problemas de distribución en planta.

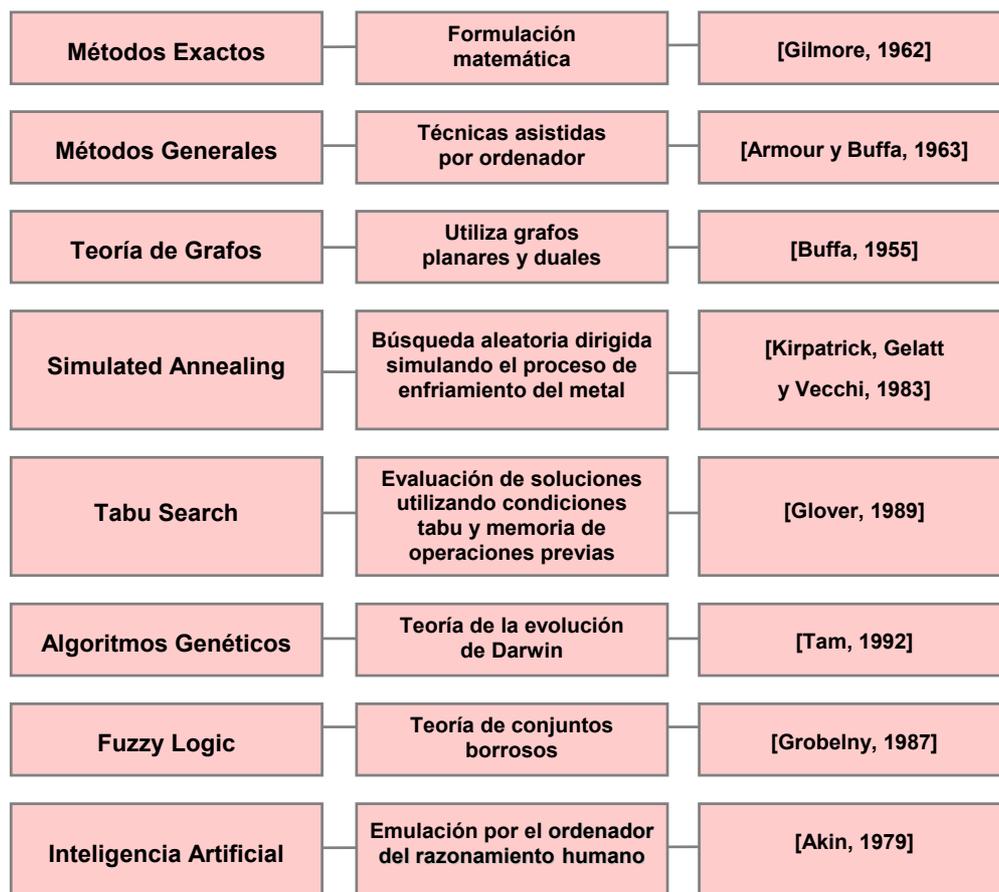


Figura 6. Técnicas para la optimización de soluciones. Extraído de [Del Río, 2002]

#### 4. COMPARATIVA DE LOS PROCESOS DE COMPOSICION.

Las diferentes visiones que del problema de la distribución en planta tienen ingenieros y arquitectos, se manifiesta en múltiples aspectos.

En Arquitectura, el proceso de diseño ha sido tradicionalmente un asunto muy debatido. Coexisten multitud de teorías y líneas de pensamiento sobre este tema, no hay unidad de opiniones. A pesar de ello, las últimas tendencias en el modo de componer sí se han unificado, agrupando las fases del diseño en tres fundamentales, que para cada autor toman nombres distintos, pero que recogen idénticos contenidos:

- **Fase de análisis:** consistente en la preparación de la información, el listado de requisitos, la fijación de objetivos, la programación de necesidades, etc. Conocida según los autores como: *el diagnóstico arquitectónico, la intención, programación arquitectónica, nivel funcional*, etc.
- **Fase de síntesis:** en la que tiene lugar la generación de soluciones. Los autores actuales la denominan: *búsqueda del objeto arquitectónico por simulación gráfica, la proyectación, diseño esquemático de layout, nivel topológico*, etc.
- **Fase de evaluación:** donde se comparan los diseños y se selecciona el apropiado.

Por el contrario en el campo de la Ingeniería, como ya se ha comentado, ha habido en un muy corto periodo de tiempo, el que transcurre entre los años 1950 y 1961, una discusión metodológica del problema de la implantación, y a partir de aquí una aceptación general por parte de todos los investigadores de la metodología S.L.P.

Ambas disciplinas difieren también radicalmente en los objetivos a conseguir con la distribución del espacio en planta. En Arquitectura, si bien las metas subyacen claramente en la propia definición de esta disciplina, como *arte al servicio del hombre*, no se observan plasmadas de forma cuantitativa en ninguna de las muchas teorías. Por el contrario, en Ingeniería la enumeración de los objetivos aparece clara y es común a todos los autores.

Los ingenieros, con su enfoque específico del problema hacia la distribución del espacio industrial, han encontrado más facilidad a la hora de parametrizar estos objetivos. Se ha usado el flujo de materiales en la planta, de forma común, y algunas otras variables, menos cuantificables, de forma menos general entre los autores. De esta manera, el problema adquiere la naturaleza multicriterio de tan amplia repercusión en los últimos años.

Por último, cabe mencionar como otra característica diferenciadora, las técnicas aplicadas a este problema por los investigadores en el campo de la ingeniería. Estas se han centrado en encontrar aquella única solución óptima que maximiza la función objetivo. Por el contrario, las últimas técnicas de uso en composición, presentan al arquitecto todas las distribuciones posibles compatibles con las condiciones impuestas, para que éste seleccione con su criterio aquella que más se adapte a sus requerimientos. Las diferencias indicadas se resumen en la figura 7.

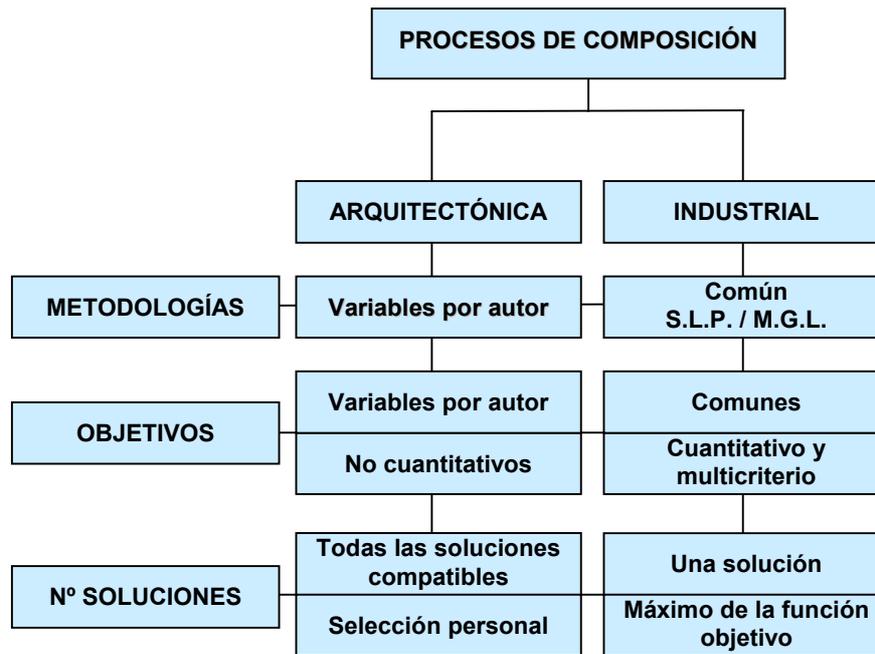


Figura 7. Comparativa de los procesos de composición.

## 5. CONCLUSIONES.

Los problemas de distribución en planta permanecen de plena actualidad tanto en el campo de la Ingeniería como en Arquitectura. Una de las razones de su vigencia estriba en que la solución de estos problemas es un paso crucial de la actividad de diseño de un edificio o planta industrial.

Si se examinan estos problemas atendiendo a los datos de entrada y resultados producidos, metodología utilizada y objetivos perseguidos; y se analiza cómo arquitectos e ingenieros los tratan, se derivan las siguientes conclusiones.

En general, en el planteamiento del problema, se dispone de los siguientes datos de entrada: un contorno inicial de dimensiones prefijadas, unos espacios a distribuir con sus requerimientos dimensionales y unas necesidades de relación entre actividades/espacios. Los resultados son la posición o distribución de estas actividades/espacios. Esto es común a ambas disciplinas.

Las metodologías utilizadas, que se han tratado, anteriormente tienden a aproximarse. Tanto es así que las últimas tendencias en Arquitectura, plasmadas en ARCHIPLAN [Medjdoub, 1996], (figura 2) y la tradicional técnica de ingeniería S.L.P. presentan muchas similitudes, como puede entenderse examinando la figura 8.

Por último, es en los objetivos donde aún subsisten diferencias. La primacía en la visión arquitectónica de factores compositivos y estéticos conduce hacia metas como la funcionalidad, habitabilidad, equilibrio, belleza, plasticidad, etc., en muchos casos subjetivas y casi siempre difícilmente parametrizables. Por el contrario, eficacia, rentabilidad, reducción de costes, etc., son los índices que utiliza la Ingeniería Industrial. Pero es de destacar cómo se ha producido también en este terreno un acercamiento en dos sentidos: desde los arquitectos por cuantificar y objetivar la

idoneidad de los diseños; y desde la Ingeniería, al comprender que la eficiencia de muchos procesos está muy ligada a la satisfacción personal de los empleados y a su motivación, para lo que debe tenerse cada vez más en cuenta en el diseño de los puestos de trabajo factores como la seguridad, la ergonomía, el entorno o la propia belleza de las instalaciones industriales.

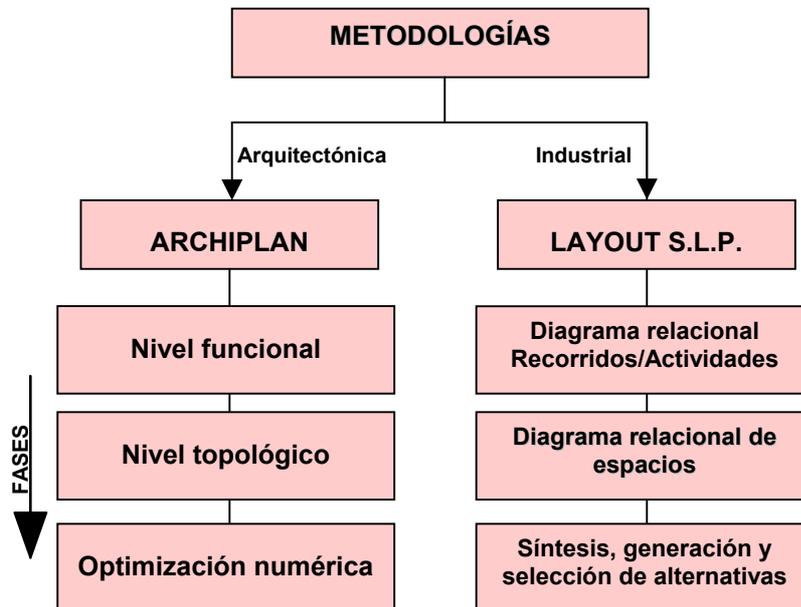


Figura 8. Metodologías comparadas de distribución de espacios en planta

## REFERENCIAS.

Buffa, E.S. *Secuence analysis for functional layouts*. The Journal of Industrial Engineering, nº Marzo, 1955. pp 12-25.

Del Río Cidoncha, M.G. *Un modelo para el diseño de distribuciones en planta en arquitectura*. Tesis Doctoral, Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla, 2002.

Immer, J.R. *Layout planning techniques*. Mc Graw Hill, New York, 1950.

Muther, R. *Systematic Layout Planning*. Industrial Education Institute, Boston, 1961.

## CORRESPONDENCIA.

M<sup>a</sup> Gloria del Río Cidoncha. Departamento de Ingeniería Gráfica. Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Avda de los Descubrimientos s/n. Isla de la Cartuja. (41092) Sevilla. Teléfono: +34 (9)54486160. E-mail: [cidoncha@esi.us.es](mailto:cidoncha@esi.us.es)