

## Los límites de la técnica

Mariano Vázquez Espí[1]

---

### R E S U M E N

El trabajo se divide en tres partes. Primero recordaré de manera bastante esquemática algunos aspectos esenciales de las dos últimos siglos de la historia de la arquitectura y las ciudades. En segundo lugar, examinaré con algún detalle tres ejemplos en los cuales el pensamiento y la actividad de los habitantes hacen la *diferencia* en lo que se refiere a la estabilidad de un proceso en el tiempo. (Los ejemplos provienen de la arquitectura porque puedo hablar de ellos con conocimiento de causa: pero no creo que resulte difícil encontrar ejemplos semejantes en cada disciplina.) Finalmente, intentaré extraer algunas conclusiones acerca de la relación que existe (y la que debiera existir) entre los instrumentos técnicos y las decisiones de la gente, con la vista puesta en el diseño y la gestión ecológicas de nuestras ciudades y edificios. En esta tercera parte, incluiré algunos argumentos matemáticos aunque espero que nadie se asuste en exceso por ello.

---

### Abstract

My main concern on this paper is to remember the role that people *must* play in any project with ecological intention, which will be successful. There are three parts. Firstable, I will remember in an schematic way some essential facts about the history of architecture and cities during the last two centuries. Secondly, I will centre myself on three examples in which the inhabitants' activity and thoughts made the *difference* concerning the stability of a process as the time goes by. Finally, I will try to find out some conclusions about the kind of relationship between technical instruments and people decisions, looking to an ecological design and managing of cities and buildings. In this third part, some mathematics facts will be included, although I hope nobody will be afraid of them

---

*"Igual que existe una ecología de las malas hierbas, existe una ecología de las malas ideas, y desafortunadamente en el actual sistema el error básico se propaga".*

Gregory Bateson

## 1 De la cultura vernácula al Estilo Internacional

Hace doscientos años (y en algunos sitios menos que eso), la mayoría de la gente vivía y trabajaba en edificios construidos por sí misma. Mientras tanto, los arquitectos titulados se ocupaban fundamentalmente de edificios públicos, palacios, y moradas lujosas para la aristocracia. Sin embargo, muchas de las 'historias' de la arquitectura versan exclusivamente sobre edificios diseñados por

arquitectos, en realidad una pequeña parte del conjunto de todos los edificios construidos en el mundo. Según se desplegó la Revolución Industrial, el incremento de la población alrededor de los centros de producción rompió la relación vernácula entre habitantes y alojamientos. Comenzó entonces la construcción 'industrial' de viviendas destinadas a alojar a la masa obrera que había de trabajar en las fábricas. El objetivo era albergar el mayor número de personas con la mayor eficiencia, definida ésta como el menor coste o cualquier otra magnitud conveniente a los propósitos de la industria. Como es bien conocido, el hacinamiento resultante dio lugar a graves problemas higiénicos y sanitarios. Pero como los agentes causantes de las enfermedades contagiosas no distinguían entre ricos y pobres, las consecuencias de la *solución* al alojamiento de las masas obreras fueron globales y afectaron por igual a toda la población. Las fuerzas vivas de la burguesía se vieron obligadas entonces a considerar este *nuevo* problema, originado por la *solución* dada al problema inicial. La vivienda se convirtió desde entonces en un problema *técnico* más. (Esta conversión de procesos vernáculos tradicionales en problemas técnicos es consustancial a la Revolución Industrial, y se podrían mostrar muchos otros ejemplos, véase [Illich, 1980].)

Junto a cuestiones estéticas o culturales, el problema de la vivienda y de la ciudad *industrial* fue parte sustancial del núcleo de la discusión de la que surgió el Movimiento Moderno. De hecho, sus planteamientos tuvieron como consecuencia la sustitución de las culturas vernáculos por el Estilo Internacional. Las implicaciones de esta sustitución son tan importantes que merece la pena recordarlas con algún detalle.

En primer lugar debe notarse que esta sustitución opera en el plano de los métodos y no sólo en el de las soluciones. Además de sustituir unos tipos edilicios por otros, se sustituye también la forma de percibir los problemas planteados. En este apartado, y en lugar central, está la especialización, uno de los valores exaltados por la civilización industrial, pero contrario a la tradición arquitectónica, tanto culta como vernácula. Así, mientras la teoría de los cuatro elementos (aire, agua, tierra y fuego) actúa como contexto esencial en el clásico tratado de Vitruvio (contexto dentro del cual van situándose las explicaciones y argumentos sobre los diversos elementos de la arquitectura y la ingeniería, la ciudad y el territorio), las propuestas teóricas del Movimiento Moderno acusan un desfase notable respecto a las bases científicas de su época. Por ejemplo, la "casa con respiración exacta" de Le Corbusier pertenece más al paradigma de la mecánica racional del siglo XVIII que a la termodinámica del siglo XIX (aunque ésta le preste el sustento técnico), mucho menos a los nuevos paradigmas científicos del XX, contemporáneos de Le Corbusier. En descargo de Le Corbusier puede argüirse que la creciente especialización en la ciencia y la técnica industriales impiden una rápida comunicación del saber entre las diversas disciplinas. Pero, incluso así, no es posible explicar porqué entonces Le Corbusier y otros teóricos del Movimiento Moderno no renunciaron al tono generalista y global de sus propuestas. Pues recuérdese que la "casa con respiración exacta" era propuesta para todos los países y para todos los climas [2]: los llamados "muros neutralizantes" (dos láminas de vidrio entre las que circularía el aire acondicionado) permitirían mantener en el interior del edificio una temperatura constante de 18 grados Celsius. Esto exigía desde luego una casa hermética, una casa incapaz de relacionarse con el mundo exterior (ya fuera para defenderse o aprovecharse de él); la casa en frente de, o contra, una *naturaleza* dominada. En definitiva, una faceta más del paradigma cartesiano con que había culminado el desarrollo de la ciencia racional, inaugurada por Roger Bacon en el siglo XIII (cf. [Eco, 1985:235]).

De acuerdo con este paradigma, cada problema parcial del diseño fue resolviéndose con un material específico en concordancia total con el enfoque parcelario y especialista al que dio lugar el mecanicismo. En la Casa Dominó (1914) de Le Corbusier puede observarse por vez primera una teoría explícita en la

que la estructura del edificio (formada por soportes y losas de hormigón armado) aparece diferenciada de los muros que compartimentarán el espacio.

Figura 1: La Casa Dominó de Le Corbusier.

El muro de la construcción moderna es, en contraposición al muro clásico, un conjunto de capas específicas: aislamiento térmico, barreras de vapor, muro estructural, tabique de acabado, 'chapado' de piedra. Es para este tipo de construcción heterogénea, sin precedente histórico válido, para el que tiene sentido un planteamiento técnico particular para cada problema específico, desgajado de un proceso global de percepción y construcción, que había sido lo propio de las culturas vernáculas que van siendo sustituidas. (Para una discusión más detallada, véase [Vázquez, 1987].)

La nefasta influencia del Estilo Internacional (excelente compendio de todo lo anterior) es bien conocida pero quiero resaltar uno de sus aspectos más dramáticos: su generalización incluso fuera de la esfera de la arquitectura académica. Este hecho es patente sobre todo en las megalópolis del llamado Tercer Mundo. En estas aglomeraciones, el porcentaje de viviendas construidas por arquitectos titulados es ridículo (del orden del 10% del total, cf. [Salas, 1992:22]), y el fracaso en proporcionar vivienda es palpable, no porque se faciliten 'malas' viviendas (como ocurre en los países industriales) sino porque no se facilitan viviendas en absoluto. El grueso de la población de estas megalópolis debe recurrir a construir por sí misma para encontrar cobijo. Desafortunadamente, para ello no pueden regresar a las antiguas tradiciones vernáculas pues las comunidades que podían sustentarlas han desaparecido hace tiempo. Como consecuencia de este proceso, el modelo de vivienda de una planta con entramado de hormigón cuajado de muros de ladrillo macizo se ha convertido en la casa ideal e *internacional* de los pobres (ideal, por otra parte, alcanzado sólo en pocas ocasiones). Fotografías de este tipo de vivienda humilde tomadas en diversas ciudades de países y continentes distintos no ofrecen pista alguna que pueda revelar su lugar de procedencia. Incluso el detalle singular de las varillas de acero asomando por la cubierta plana de la vivienda (en espera de obtener recursos en el futuro para ampliar la vivienda con una segunda planta) es un detalle tan *internacional* como el propio Estilo.

Figura 2: El "estilo internacional" de la miseria.

Se ve así que la propuesta de resolver *técnicamente* el problema de la vivienda, recogida por el Movimiento Moderno, era utópica en el doble sentido negativo de la palabra: por un lado ha resultado imposible y por el otro no ha resultado deseable. La propuesta además llegaba tarde, cuando ya existían instrumentos analíticos que podían haber previsto las disfunciones y fracasos del Estilo Internacional.

A este respecto conviene recordar que nuestros actuales problemas ecológicos habían sido previstos en pleno despegue de la Revolución Industrial, aunque los técnicos (ingenieros, arquitectos, etc) prestaron oídos sordos a las advertencias, al sentirse capaces de resolver cualquier problema particular con el que se vieran enfrentados. Baste recordar que el efecto invernadero que hoy tanto nos preocupa (y que algunos siguen viendo obstinadamente como un problema técnico más) fue previsto por J. Tyndal en 1861, y por muchos otros posteriormente (cf. [Maunder, 1988:72]).

Ante estas disfunciones de la técnica moderna, las posturas pueden dividirse en dos categorías (aunque por supuesto todavía hay quien sigue sin poder percibir disfunción alguna). Por una parte están aquellos técnicos que achacan las disfunciones a un conocimiento técnico incompleto, mal utilizado o empleado; para estos, nuestros actuales problemas deben resolverse con el *mismo método* que viene siendo empleado, pero con una información más completa y modelos más elaborados capaces de previsiones más exactas (y

resulta innegable que esto último resulta urgente e imprescindible en muchas disciplinas). Por otra parte, para un segundo grupo de personas, solamente un *radical cambio de método* (y por tanto de forma de percibir y de pensar los problemas) podría ofrecer alguna alternativa interesante, con alguna posibilidad de éxito.

El examen de algunos problemas y de sus soluciones, en cierto sentido emblemáticos, puede ayudar a dibujar con alguna nitidez la frontera entre ambas actitudes, que posteriormente intentaré trazar con mayor precisión.

## 2 Técnicos ecológicos

### 2.1 Al-Qurna Al-Jidida

Figura 3: Mezquita de Gurna El Gidida.

Hassan Fathy fue un importante impulsor de la reconstrucción y desarrollo de la vida campesina en Egipto. Su proyecto más importante para lo aquí nos interesa es el nuevo poblado de Qurna (Al-Qurna Al-Jidida). Qurna la vieja estaba constituida por cinco aldeas emplazadas en la Tebas de la antigüedad, en la que vivían y prosperaban saqueadores de tumbas. En 1944, el extraordinario robo de una enorme pieza catalogada en la antigua necrópolis, propició un decreto de expropiación y expulsión de sus habitantes, firmado por el Ministerio de Antigüedades. A Fathy, a la sazón profesor de la Facultad de Bellas Artes de El Cairo, se le encargó la construcción de una nueva ciudad y la entrega de nuevas viviendas como indemnización. Para Fathy se trataba de una nueva oportunidad de demostrar la viabilidad de sus ideas reformadoras. La construcción sería colectiva, con participación de la gente en el diseño, y recuperando antiguas técnicas que estaban cayendo en desuso, incluyendo bóvedas y cúpulas de adobes pero construidas sin cimbras de madera (por las que es mejor conocido en Occidente). Acerca de estas técnicas el propio [Fathy, 1948] escribió:

*Estos procedimientos constructivos están todavía en uso en el Alto Egipto y son transmitidos por albañiles de generación en generación, desde la más remota antigüedad. Esta tradición tiende a desaparecer por la falta de interés que los técnicos demuestran hacia estos procedimientos, pero a pesar de ello pueden resolver muchos problemas sociales y económicos relativos a la arquitectura egipcia de nuestros días. Nuestros esfuerzos tienden a ponerlos al día, obteniendo de ellos todas las posibilidades de orden práctico y artístico.*

La construcción del nuevo poblado estuvo plagada de incidentes tanto con la burocracia estatal como con los futuros habitantes, y su relato es demasiado prolijo e interesante como para resumirlo brevemente aquí [3]. Contra su deseo, Fathy se vio obligado a idear cada vivienda y la organización de la nueva ciudad, en la cual "se ha respetado la división de las cinco aldeas actuales en forma de cinco barrios, separados por las grandes arterias principales" [Fathy, 1948]. Lo cierto es que esta división es más nominal que real, pues la morfología en planta de la nueva Qurna no sugiere en ningún caso la existencia de las cinco aldeas originales.

Figura 4: Planta de Al-Qurna Al-Jidida.

Tras muchas vicisitudes, el inconcluso poblado fue habitado por personas de diversa procedencia (principalmente ocupantes ilegales) desde mediados de los sesenta. De otro lado, sólo parte de la vieja Qurna fue demolida. Desde entonces, ambos pueblos han sufrido el paso del tiempo con distinto éxito. [Fathy, 1948:43] esperaba que, a pesar de todas las dificultades habidas en el desarrollo del proyecto, "the village craftsman will be stimulated to use and develop traditional local forms, simply because he will see them respected by a real architect, while the ordinary villager will be [...] in a position to understand and appreciate the craftsman's work" [4].

Figura 5: Mercado de Qurna El Jidida.

Visité Al-Qurna Al-Jidida en dos ocasiones: en 1982 y en 1992. En la primera gocé de la cordial hospitalidad del Dr. Fathy que me permitió disfrutar de su propia vivienda en Qurna (de hecho, el 'hotel' del poblado). Para 1982, el nuevo poblado mostraba ya notables síntomas de envejecimiento, en gran parte debidos a la falta de mantenimiento de las construcciones (no a falta de pericia técnica de arquitectos y constructores) lo que, a mi juicio, indicaba la ausencia de una verdadera implicación entre los habitantes y sus viviendas. El único edificio que se cuidaba apropiadamente era la mezquita, obviamente por razones religiosas.

Para 1992, el poblado había sufrido diversas alteraciones. El teatro había sido restaurado con cargo a presupuestos públicos (bajo la supervisión de Fathy, cf. [Steele, 1988:68]), pero seguía sin ser usado por sus habitantes. La escuela había sido reemplazada por un nuevo edificio de *hormigón*. Las viviendas habían seguido la senda del envejecimiento o la de la sustitución, *precisamente* por el tipo humilde del Estilo Internacional que hemos examinado antes: entramados de hormigón cuajados con fábrica de ladrillo macizo.

Mientras tanto, en los restos de la vieja Qurna todavía se podía apreciar esa fuerza misteriosa de la cultura vernácula, una fuerza que por otra parte había sido la guía del arquitecto en el desarrollo de su programa de reformas.

En este caso ejemplar, Hassan Fathy no consiguió sus deseos más íntimos, bien expresados en una de sus obras, significativamente titulada en francés *Construire avec le peuple*. Si se reflexiona sobre ello en detalle creo que no es difícil ver donde estuvo el error. Como indicaba el propio Fathy en el primer texto citado, su método consistió en integrar las técnicas vernáculas, *consideradas en sí mismas*, dentro del catálogo de soluciones de su propia arquitectura [5]. Pero siguieron siendo los técnicos los que plantearon el problema y estudiaron la solución con métodos racionales semejantes en todo a los propugnados por el Movimiento Moderno: los arqueólogos resolvieron el problema de la Tebas faraónica expulsando a sus habitantes, Fathy diseñó con la mejor voluntad e inteligencia la que pensó sería una nueva ciudad adaptada a la idiosincrasia de los ladrones de tumbas. Pero estas personas, habitantes de Qurna la vieja, *sufrieron* las soluciones ajenas y de hecho no tuvieron la oportunidad de *decidir* ni construir *sus propias* soluciones. En realidad, resulta difícil ver como las técnicas vernáculas pueden ser útiles *cuando ya han desaparecido* las comunidades que les dieron vida (véase una discusión más detallada en [Steele, 1988:63-76]).

## 2.2 Balat

Sólo un poco después de mi primera visita a Al-Qurna Al-Jidida, tuve la ocasión de realizar una breve visita a Al-Bauiti, la capital del oasis Al Bahriyah, en el desierto occidental. Allí pude comprobar el vigor de la cultura vernácula cuando una *comunidad autónoma* la sustenta. A pesar de lo corto de mi estancia quede tan impresionado, que al año siguiente recorrí parsimoniosamente tres de los oasis de ese lado del

Nilo.

Los oasis del Sahara merecerían una exposición detallada de la que no me siento capaz, pues mis conocimientos sobre este tema son más los de un viajero que los de un investigador. Para lo que aquí me interesa, sí quisiera subrayar algunas de las características esenciales de estos territorios, islas de fertilidad en medio de un mar de tierra y arena.

Los oasis aparecen en depresiones topográficas. A lo largo de sus acantilados existen oportunidades significativas de que los acuíferos subterráneos salgan a la luz, creando fuentes naturales que pueden regar vastas extensiones de terreno. Además, debido a la inferior cota del oasis respecto al territorio desértico que le rodea, es en todo caso más fácil llegar en él a los acuíferos mediante pozos artificiales. Resulta obvio que es este agua obtenida del acuífero de una u otra forma la que da vida al oasis.

En los oasis de esta región de Egipto se distinguen tres partes netamente diferenciadas: los huertos, el poblado y el cementerio. La ubicación de los huertos es la determinante de la posición de los otros dos elementos. El huerto debe situarse aguas abajo de las fuentes, de manera que la propia gravedad pueda conducir el agua a cada parcela cultivada. El cementerio y el poblado se ubican por el contrario en una cota por encima de las fuentes, incluso a veces en una terraza superior (aunque de cota todavía inferior al desierto circundante). Mientras que la ubicación final del cementerio debe obedecer a razones religiosas, en la posición del poblado influye la posición de las fuentes: en los casos visitados el poblado ocupa la posición libre más cercana pues es necesario facilitar el acarreo de agua a las viviendas. De hecho, las fuentes naturales constituyen una frontera que separa con precisión el poblado de los huertos. Se ve así como la posición de las fuentes de agua determina en buena parte la posición de los tres elementos del oasis. Las reglas enunciadas hasta aquí son a la vez simples y sabias y conducen a un uso consciente y premeditado del territorio, lo que ha ayudado a mantener la vida sin interrupción desde al menos los tiempos de los faraones [6].

Figura 6: El cafetín de Balat.

Figura 7: Arquitectura de tierra en Balat.

Al Dajla es un oasis que se ajusta aun mejor que Al Bahriyah al modelo que he descrito. Balat es una pequeña aldea en ese oasis. Lo cierto es que había ‘algo’ en Balat que me impresionó vivamente cuando la visité en 1983. No se trataba de los excelentes ejemplos de arquitectura de tierra que allí se encuentran (por otra parte, mucho mejor conservados que los que me había encontrado en Al-Qurna Al-Jidida un año antes), ni la disposición morfológica que he descrito. Todo esto lo conocía previamente por mis estudios. Había algo más pero no acerté con ello mientras estaba en el lugar. De regreso en España, y contemplando fotografías vi con claridad donde estaba la *diferencia*: ¡Balat contaba con el único cafetín limpio (en el sentido europeo) que había visto en Egipto (y me había solazado en muchos)! No es que la limpieza de un cafetín sea significativa en un sentido absoluto. No se trata de nada de esto. Sin embargo, por comparación con la suciedad de otros alegres cafetines, esa fotografía evocaba vivamente la morfología del territorio, el amoroso cuidado de los edificios en uso, la placidez y la frescura de los huertos en las calurosas horas del mediodía. ¡*Todo* estaba allí, en esa imagen de un cafetín *vacío* en una agobiante tarde de verano! Y ese *todo* hacia una *diferencia* esencial con lo que había visto en las riberas del Nilo: la gente era dueña de su vida en la medida de sus fuerzas. En realidad, para describir mis sentimientos nada mejor que lo escrito por [Fathy, 1969:6] al describir la arquitectura vernácula en Nubia: "It was a new world for me, a whole village of spacious, lovely, clean, and harmonious houses each more beautiful than the next. There was nothing else like it in Egypt; a village from some dream country, perhaps from a Hoggar hidden in the

heart of the Great Sahara" [7]. Intentaré mostrar lo relevante de esta *diferencia* con un ejemplo a mi entender muy significativo.

Figura 8: Piezas y esquema de las norias de Balat.

Figura 9: Noria de Balat.

Figura 10: Montaje de los cangilones de una noria.

Los huertos de Balat están regados por pozos artificiales. El agua se extrae de ellos mediante norias movidas por bueyes. La noria se dispone dentro de un pequeño edificio, de manera que el animal y la persona a cargo están al resguardo del Sol. La noria no tiene nada de particular salvo quizá el sistema usado para los cangilones [8]. Como es habitual los cangilones son vasijas de barro sujetas a una doble maroma. Pero en vez de una anillo completo, el sistema consta de cadenas con un número dado de cangilones, de manera que uniendo el número adecuado de cadenas, la longitud total del anillo puede ajustarse con alguna precisión al nivel freático en el pozo, disminuyendo al mínimo el rozamiento de los cangilones con el agua y el propio peso del artilugio, y en consecuencia el esfuerzo del animal. Por lo que pude entender, el número de cadenas que podían acoplarse a la vez para formar el anillo estaba limitado. Las razones esgrimidas para este límite eran ciertamente ambiguas, tenían vagamente que ver con la fuerza del buey y con la profundidad del pozo. Sea como fuere, ese límite tenía un efecto significativo: cuando el nivel freático disminuía por debajo de la máxima profundidad que podía alcanzarse con el máximo número de cadenas, se renunciaba al riego de las huertas. Conscientemente o no, y debido a todas las particularidades del sistema, la comunidad se había *autoimpuesto* un límite en la cantidad de agua disponible para los huertos, lo que sin duda evita agotar el acuífero que alimenta al pozo [9]. De hecho, un límite que ha debido operar ... ¡desde hace siglos! (Recuérdese que en Arabia Saudí se está extrayendo actualmente agua de los llamados acuíferos 'fósiles', cuyos períodos de renovación se han calculado también en siglos. Sin embargo, cuando estos acuíferos se agoten por el uso, las actuales *zonas* de regadío a que han dado lugar habrán de volver irremisiblemente a ser desierto.)

Figura 11: Noria en revisión.

Mi sorpresa fue en aumento al encontrar al lado de estas norias (en un continuo y difícil proceso de conservación), bombas accionadas por gasoil. De la información que pude obtener, deduje que tales bombas formaban parte de un proyecto de cooperación y desarrollo [10]. No hubo ninguna oposición a su instalación (aunque tampoco hubo una solicitud previa por parte de la comunidad). Pero, de hecho, ni se usaban ni se había construido edificio alguno con que protegerlas de la intemperie. Su uso, desde luego, hubiera permitido superar el límite impuesto por el sistema de norias y, en consecuencia, aumentar significativamente el caudal de agua disponible. Las confusas razones esgrimidas como explicación de esta actitud tenían que ver con el costo del combustible, y con la dificultad de reparar las bombas cuando se estropeaban (al parecer, el técnico tenía que venir desde El Cairo). Pero, con independencia de cuales sean las verdaderas razones, lo cierto es que renunciar a las bombas de gasoil tenía como consecuencia respetar el límite impuesto por el sistema tradicional, de manera que mientras así sea, la comunidad de regantes de Balat seguirá *unida* a la supervivencia de los acuíferos que sustentan su forma de vida.

Figura 12: Dos grifos surgen de una duna...

En todos los oasis se han acometido proyectos de ‘modernización’ semejantes al que la población de Balat simplemente ignoró. Sus resultados son tan dispares que no cabe aquí su análisis pormenorizado. Muchos de estos proyectos introdujeron también conducciones de agua (tradicionalmente transportada mediante animales y/o por las mujeres). El final de una de éstas conducciones en Al-Bauiti es para mi uno de los mayores misterios de aquella visita: dos grifos surgen en la ladera de una duna. Nunca averigüé las razones de esta instalación tan misteriosa, no sé si se trata de una instalación engullida por el normal desplazamiento de la duna (mostrando la falta de previsión de los técnicos), o si ese par de grifos fueron puestos allí intencionadamente a petición de la población, a fin de facilitar a las mujeres el cumplir con la tradición de suministrar agua a los muertos cada jueves en el cercano cementerio (cf. [Fakhry, 1974:53]). Sea como fuere, creo que la imagen ilustra bien la perplejidad que pueden llegar a ocasionar tales proyectos ‘modernizadores’, la imposibilidad de su lectura *técnica*.

### 2.3 Patones y Pelegrina

En nuestros días, muchos de los técnicos interesados en resolver nuestros actuales problemas ecológicos se han agrupado bajo la denominación de ‘arquitectura bioclimática’. Y dentro de esta tendencia, el soleamiento del edificio de forma apropiada a las estaciones se considera un aspecto crucial. Si no se consigue una relación apropiada con el Sol, sus partidarios negarán el adjetivo ‘bioclimático’ al edificio o ciudad en cuestión. Desde luego, no faltan razones para ello: en todos los países mediterráneos y desde tiempo inmemorial, la relación de los edificios con el curso del Sol ha sido considerada como un aspecto importante de la arquitectura. Baste recordar que la historia de la arquitectura solar se remonta cuando menos al diseño de casa solar enunciado por Sócrates (según el testimonio de Jenofonte, cf. [Butti y Perlin, 1980:5]).

Pero, ¿es realmente una cuestión crucial? Desde luego es fácil ver que no es así en general. La sabia regla de Sócrates es valiosa en los alrededores del paralelo cuarenta. Como es bien sabido, ello se debe a que el Sol camina bajo en invierno y alto en verano en esa latitud, lo que hace posible un diseño que le deja entrar cuando es necesario y le deja fuera cuando sería un inconveniente, y todo ello mediante una sutil variación de un diseño previo, *compatible* con otras *dimensiones* del alojamiento, tan fundamentales como (quizá más que) el confort térmico. Pero en otras latitudes, alrededor del Ecuador por ejemplo, el Sol tiene la fastidiosa costumbre de elevarse a gran altura tanto en invierno como en verano, de manera que no es fácil ver como podría idearse un diseño ‘solar’. El Sol puede aprovecharse mejor, en tales casos, mediante el comportamiento de los habitantes que con el diseño ‘solar’ de los edificios (cf. [Fathy, 1969:46]). Además, en muchas de las regiones ecuatoriales, la variable fundamental del clima no es la radiación solar (o la temperatura) sino la pluviometría. En el Perú, por ejemplo, el ‘verano’ en la costa del Pacífico es simultáneo con el ‘invierno’ en la sierra de los Andes, a pesar de tratarse de las mismas latitudes. A fin de cuentas, lo que ‘verano’ e ‘invierno’ significa para aquellas gentes es la estación seca o la de lluvias.

Figura 13: Plano de Patones.

Pero, incluso en el Mediterráneo, creo que se puede razonablemente dudar de que un correcto soleamiento sea imprescindible o incluso necesario para una arquitectura orientada por principios ecológicos. Desde luego en España, existen casos de pueblos antiguos en los que razonablemente no puede dudarse de la influencia del soleamiento en las decisiones vernáculas, tal como Patones, detalladamente estudiado por [Luxán (1985)]. La planimetría de este pueblo está tan adaptada al curso solar en invierno, que ninguno de sus antiguos edificios queda en la zona de sombra arrojada por la topografía que le circunda (de hecho, los pocos edificios que se acercan o introducen en la zona de sombra corresponden a construcciones

modernas). Pero me temo que los técnicos ‘ecológicos’ encontramos en estos ejemplos simplemente lo que queríamos confirmar, a saber, que la cultura vernácula ha considerado el soleamiento como imprescindible. En realidad, lo único que sabemos a ciencia cierta es que esta idea ha surgido en nuestro pensamiento, mientras buscábamos reglas técnicas rigurosas con que poder justificar nuestros diseños alternativos a los de la cultura arquitectónica dominante.

Figura 14: Plano de Pelegrina.

Si uno desea probar lo contrario, a saber que no siempre la construcción vernácula ha considerado el soleamiento como una *dimensión* necesaria, también se encontrarán ejemplos. El caso de Pelegrina es justo lo contrario (véase la figura 14). No muy lejos de Patones, el río Dulce circula por una sinuosa garganta horadada sobre caliza hasta que finalmente se abre a un valle con un eje Este Oeste, a 1.000 metros de altitud sobre el nivel del mar. El río entra en el valle por el Sur y continúa hacia el Oeste por el borde meridional del fondo del valle. En esa ladera se fundó el pueblo, justo a horcajadas de los altos que el río ha modelado con el paso del tiempo en su entrada al valle. En consecuencia, el propio pueblo ha tenido desde antiguo dos barrios: el del Sol, en la ladera sur que mira a la garganta del río, y el del Frío, que mira al valle. Los edificios de este último barrio no pueden gozar de los beneficios del Sol en el invierno, pero como contrapartida gozan de las vistas del valle (los del lado del Sol también gozan de la visión de la garganta del río). (Los del lado del Sol también gozan de la visión de la garganta del río; y las casas del Frío son desde luego extraordinariamente frescas en verano.)

Sin embargo, a lo largo del valle existen muchos otros emplazamientos que hubieran permitido el soleamiento invernal de todo el pueblo, en particular el cierre Norte del valle. Pero entonces hubiera quedado lejos del curso del río. El emplazamiento elegido significa, tal parece, una suerte de compromiso entre varias *dimensiones* deseables, de las que dos son evidentes: Sol y agua [11].

Como muchos otros pueblos del interior de la península, Pelegrina sufrió una disminución drástica de población hasta verla reducida a unas seis personas, que habitan allí todo el año. En los últimos tiempos, alguna población adicional ha vuelto o ha llegado de nuevas, aunque se trata de una población de fin de semana. En este proceso de leve recuperación, ambos barrios han contado con las preferencias del público. Entre las nuevas construcciones, la única casa que cuenta con un aparato típicamente ‘bioclimático’ (un colector solar para el agua caliente) ha aparecido ‘donde no debía’, en el barrio del Frío, con su contrapeada cubierta en la que el colector mira al Sur, mientras el propio tejado mira al Norte. De hecho, no estaba en el ánimo de sus constructores el erigir una casa ‘ecológica’. Desde dentro de esta casa (calentada con leña de encina del monte comunal durante más de ocho meses al año), la única y pequeña ventana en el muro Norte enmarca una hermosa vista de una cascada al otro lado del valle, sobre la que los buitres acostumbran a planear. ¿Podemos considerar a esta casa, de todos modos, como una casa ‘ecológica’? Si es que la respuesta es afirmativa, la razón no será desde luego *técnica*, habrá que buscarla en la *autonomía de decisión* de sus habitantes (que propició la reutilización de un patrimonio valioso a punto de perderse).

### **3 Los límites de la técnica y el papel de la gente**

A través de los tres ejemplos anteriores creo haber ilustrado los límites que la técnica encuentra para diseñar prácticas y artefactos ‘ecológicos’, incluso cuando los técnicos son personas a su vez con

preocupaciones ‘ecológicas’ (como de hecho lo eran en los tres ejemplos mencionados).

En los más diversos lugares del planeta, crece moderadamente el número de personas que intentamos aprender como *re-habi[li]tar* ecológicamente nuestras ciudades, sabedoras de que una buena parte de los problemas ecológicos se originan en ellas (tal y como se ha puesto de manifiesto en la llamada ‘Cumbre de las ciudades’, celebrada en 1996 en Istanbul). Creo que el intento de resolver *técnicamente* este problema topa continuamente con un límite infranqueable. Creo además que el reconocimiento de ese límite es *esencial* para el éxito de nuestros propósitos. Por ello, intentaré para concluir describir con nitidez en que consiste ese límite, y para ello recurriré al lenguaje formal de las matemáticas, aunque espero que con la suficiente claridad como para que sea fuente de sugerencias útiles, en vez de una infranqueable barrera para el profano.

Después de que Newton diera al mundo sus leyes de la gravitación universal, sobrevino el problema de como ‘resolver’ tales ecuaciones en situaciones no triviales. De hecho, buena parte del desarrollo matemático del siglo XVIII tuvo como objetivo encontrar ‘solución’ para ese problema, que no es sino uno más de una clase muy general. Esquemáticamente, todos ellos pueden describirse con un enunciado muy simple: "encuéntrese el valor de la variable que haga mínima una función que representa *matemáticamente* el problema". Por *función* debe entenderse aquí cualquier función computable (coloquialmente cualquier modelo calculable, incluso con la ayuda de una máquina); por *variable* cualquier variable matemática con valores que puedan ser definidos y enumerados, por complicada que pudiera ser: coloquialmente corresponde a las distintas configuraciones o estados de un sistema, o las distintas soluciones de un problema (la variable puede ser un *vector*, es decir, una lista de números, variables a su vez). Por tanto, dar ‘solución’ a ese clase de problemas consiste en encontrar el valor ‘óptimo’ de la variable: la mejor de las soluciones.

Seré más explícito. Pensemos en una explotación minera como ‘problema’ [12]. Las distintas soluciones serían en este caso los distintos procedimientos por los que *una cierta cantidad* de mineral puede ser extraída. La función que representa el problema puede ser por ejemplo la energía que es necesario gastar con cada uno de los procedimientos posibles, es decir, con cada uno de los valores de la variable de la función. La mejor de ellas es la que reduzca al mínimo esa energía. Si puede representarse mediante una función computable la relación entre cada procedimiento y la energía que requiere, el método de optimización diferencial de funciones permite *encontrar* el mejor procedimiento, la solución óptima al problema planteado [13]. Es fácil hoy explicar en qué consiste el método, al menos coloquialmente: piénsese en la superficie de la tierra, con sus valles y montañas, en una región no muy agreste, de pendientes suaves; si cada punto del territorio representa un procedimiento, su cota topográfica representa la cantidad de energía requerida; la superficie es, por tanto, la función matemática; la optimización diferencial consiste en dejar caer una pelota desde un punto arbitrario y observar cual es el punto más bajo a donde le conduce su caída: el procedimiento que corresponda a ese punto en el mapa es la solución óptima buscada.

(Con este método, la resolubilidad de problemas se universalizó desde el momento en que se adoptó como función, como magnitud para valorar las soluciones para un problema dado, el coste monetario, al amparo de las teorías económicas clásica y neoclásica.)

Muchos de tales problemas, resueltos desde entonces, mostraban dos características: primera, eran problemas con *verdadero* interés práctico (y no simples ejercicios matemáticos); segunda, su representación matemática cumplía las condiciones para resolverlos mediante la optimización diferencial.

Creo que es aquí, en esta *aparente* posibilidad de resolver *todos* los problemas de una manera objetiva, hasta donde puede rastrearse la fe en el progreso técnico que dio vida al ‘técnico’ moderno, es decir, al arquitecto, al ingeniero ... tal y como hoy los conocemos. (Deben incluirse aquí, desde luego, todo tipo de técnicos o gestores. Por mi parte me atrevería a incluir a los políticos profesionales si su labor depende de esa disciplina que se ha dado en llamar ‘toma de decisiones’, que no es más que una teoría de optimación para problemas incompletamente formulados o aproximadamente resueltos.)

El desarrollo posterior de la teoría de optimación de funciones ha mostrado que, incluso en circunstancias tan simples como las enunciadas (una sola magnitud o función cuyo valor depende de una serie de soluciones), la mayoría de nuestros ‘verdaderos’ problemas caen fuera del dominio de la optimación diferencial. Corresponden a ‘paisajes’ agrestes e intrincados de la función matemática asociada, en los que la pelota puede quedar atrapada a media ladera, enredada en complejos objetos matemáticos, que pueden describirse apropiadamente como ‘árboles’, ‘maleza’ o ‘piedras’; resultando ‘paisajes’ en realidad muy familiares. (De hecho, las pendientes suaves son raras en la Naturaleza.) Se han encontrado problemas que en la práctica no pueden resolverse exactamente (los denominados *intratables*), y también problemas irresolubles incluso en teoría, los denominados *indecidibles* (cf. [Garey y Johnson, 1979]). Desafortunadamente, estas cuestiones, mucho más *técnicas*, han quedado en manos de un pequeño grupo de especialistas y *no han minado* aquella fe inicial en el progreso que se cimentó sobre los primeros pasos de una teoría en pañales. La *idea* de que nuestros problemas son ‘técnicamente resolubles’ ha quedado así intacta en las culturas industriales.

Hay un caso de *indecidibilidad* mucho más simple y conocido desde antiguo. Volvamos a la explotación minera. Efectivamente la extracción del mineral tiene un coste cuya medida monetaria (en vez de energética) podemos aceptar (provisionalmente). Desafortunadamente, la dificultad del oficio de minero tiene como consecuencia la posibilidad cierta de la muerte de personas durante el laboreo en las galerías. Existen buenas razones para *desear* reducir, mediante la elección de un procedimiento adecuado, *tanto* el coste monetario *como* el ‘coste humano’ (expresado por ejemplo en defunciones anuales). Podemos incluso admitir que ambos costes (por unidad de mineral) puedan expresarse matemáticamente de un modo razonable. Sin embargo, aquí ya no es posible aplicar la optimación diferencial clásica porque no tenemos *una* sino *dos* magnitudes que optimar.

Figura 15: El óptimo de la suma no es la ‘suma’ de los óptimos.

(Excluyo la posibilidad de que alguien proponga que valoremos el ‘coste humano’ en unidades monetarias, que sumemos ese ‘coste’ al coste crematístico y que hallemos la solución óptima para esa suma, es decir, el procedimiento de extracción que haga mínimo el coste total así calculado. Tal proceder, a parte de las consecuencias éticas de valorar en dinero la vida humana, ¡es matemáticamente incorrecto! El óptimo de la suma podría no coincidir (y en general no coincidirá) ni con el mínimo número de muertes ni con la máxima ganancia del propietario de la mina (mínimo coste crematístico), véase la figura 15 [14]. Nótese sin embargo que *éste* es el procedimiento habitual empleado por la técnica corriente, es decir, por aquellos ‘técnicos’ sin preocupación ‘ecológica’, pero de estos no deseo ocuparme aquí.)

Figura 16: Problema de optimación vectorial (dos dimensiones).

Podemos preguntarnos si *podría existir* otro procedimiento, más sofisticado que la optimación diferencial, que permita encontrar el mejor procedimiento de extracción, aquél que haga mínimas las dos magnitudes que (de momento) modelan el problema de la extracción minera. La respuesta es rotunda: "no". No existe procedimiento para optimar simultáneamente dos funciones por la simple razón de que no es posible, en

tal caso, definir qué es lo mejor: el problema es indecidible en un sentido formal.

La demostración de la proposición anterior es extraordinariamente simple, debido entre otras cosas, a que se trata de una negación: basta con mostrar un caso en que sea cierta. Podemos representar cada uno de los dos costes sobre dos ejes cartesianos como en la figura 16. Cada solución, es decir, cada procedimiento de extracción imaginable viene representado por un punto del plano, determinado por el número de muertes y por el coste monetario asignados a esa solución. Imaginemos que hemos ideado cuatro procedimientos de extracción, A, B, C y D, representados por otros cuatro puntos del plano. La cuestión ahora es ¿cuál de estos cuatro es el mejor? ¿cuál es el óptimo de este pequeño conjunto de soluciones? Resulta claro que B es ‘peor’ procedimiento que C, puesto que ocasionaría más muertes entre las personas que trabajan en la mina y más costes monetarios al propietario. De hecho, la regla para identificar procedimientos peores es geométrica: la parte rayada de la figura es la cuenca de ‘atracción’ del procedimiento C, y cualquier procedimiento dentro de ella es un procedimiento ‘peor’. Pero ni A, ni C, ni D caen dentro de la cuenca de atracción de los otros dos, de manera que ninguno es ‘peor’ y, en consecuencia, *¡no existe* uno que sea el ‘mejor’! Aunque pudimos descartar *uno* de los cuatro procedimientos propuestos inicialmente, no podemos *matemáticamente decidirnos* entre los tres restantes: demostrado que existe un problema de optimización bidimensional indecidible, el problema general es *indecidible* técnicamente ...

... salvo que pudiéramos encontrar un procedimiento con valor nulo para ambos costes. Sólo para este procedimiento especial (representado por el origen de coordenadas) la cuenca de atracción sería el espacio completo de todos los procedimientos imaginables, de manera que estaríamos seguros de que cualquier otro sería peor que aquél, que sería en consecuencia el mejor de todos. Afortunadamente o no, la segunda ley de la termodinámica [15] prohíbe la existencia de tan deseado procedimiento de coste ‘cero’: aquí topamos con los límites de la Naturaleza (aunque por supuesto quedamos dentro de Ella).

Desde luego seguiremos explotando minas (y haciendo muchas otras cosas comparables), así que debemos concluir que *tiene* que existir algún otro procedimiento de decisión. Y de hecho la historia y la imaginación muestran que hay muchos posibles, pero todos ellos caen *fuera* de la objetividad técnica. En mi opinión sólo hay un procedimiento éticamente deseable: las personas que arriesgan sus vidas y su dinero (supuesto que tengamos que reconocer algún valor a éste último, y de momento parece que no nos queda otro remedio) deberían sentarse, discutir y *decidir*. Es la gente involucrada en el proceso la que *autónomamente* debe elegir un procedimiento (o quizás ninguno y cambiar de actividad en sus vidas). Aunque esta opinión no sea compartida, hay algunas conclusiones que pueden extraerse de lo expuesto, y que razonablemente no pueden considerarse materia de opinión.

Figura 17: Problema de optimización vectorial (tres dimensiones).

En lo que se refiere a la posible *solución* técnica de la actual encrucijada ecológica, resulta evidente que la técnica no puede considerarse una disciplina cerrada dentro de un peculiar universo de valores (ése es también el caso de la economía aunque normalmente se la considere de este modo). Los técnicos en el sentido moderno pueden como hemos visto tener un papel (necesario pero limitado) en el proceso no-técnico de decisión: identificar y descartar aquellas soluciones *decididamente* peores [16]. Esta parte del proceso puede considerarse racional en el sentido corriente del término: hay cosas que son como son, y ninguna voluntad política puede alterarlas. En este terreno las ciencias de la Naturaleza están llamadas a jugar un importante papel, *a condición* de reconocer sus límites. Un papel que podría contribuir significativamente a la *conciencia activa* de las personas involucradas en el proceso global de decisión, que así considerado es, en realidad, un proceso evolutivo, no reducible ni explicable por el pensamiento

racional estándar. Pero aún para esta humilde contribución las condiciones son muy exigentes: incluso las *dimensiones* que han de intervenir en la evaluación de las distintas soluciones deben ser decididas *autónomamente* por la gente, y debe hacerse *antes* de que la técnica ponga manos a la obra en busca de soluciones decididamente ‘peores’ y por tanto descartables. De lo contrario podrían explorarse *dimensiones distintas* de aquellas que la gente desea o valora [17]. El ejemplo de la explotación minera tenía, hasta ahora, dos dimensiones, pero podría tener más. Y al considerar una tercera, el procedimiento anteriormente descartado, el B, podría o no seguir cayendo en la cuenca de atracción de C, tal como se ve en la figura 17. En consecuencia, el procedimiento B podría o no ser eliminado, según sea su coste para la nueva dimensión ahora considerada.

La conclusión en lo que se refiere a la gente creo que es también muy evidente: si la población no *lidera* el proceso de transformación ecológica de sus ciudades y territorios, tal proceso es inviable, pues no existirá en tal caso definición técnica de aquello que es ‘ecológico’. Desde luego, el ejercicio de la responsabilidad local por la gente no puede significar la negación del conocimiento científico y técnico, pues resulta difícil ver como se podría ser *localmente responsable* antes de haber trazado el ‘mapa’ que identifique las soluciones no-peores, que constituyen las posibles alternativas para una decisión responsable. Sin embargo, creo que queda claro qué aspectos del proceso caen dentro del ámbito de la ‘gestión técnica’ y cuáles otros en el de la ‘responsabilidad de la población’. Esta distinción es básica por muchos motivos: permite descubrir, por ejemplo, que muchos de los discursos autodenominados técnicos son en realidad discursos políticos, pero también al revés: así, y mediante este mecanismo de confusión, el poder dominante intenta escapar al control de los dominados, situando las discusiones en un terreno que no les corresponde, siempre que puede. Sin embargo, la única forma de hacer compatible la racionalidad de la gestión con la ética de la responsabilidad es mantener la *diferencia* entre ambas partes del proceso de decisión, tanto en lo que se refiere a los métodos como a los agentes involucrados.

Debe quedar claro, por tanto, que el liderazgo de la población es mucho más que el fácil recurso a la participación popular, entendida como colaboración con los técnicos, que resultarían así mejor informados y podrían, *aparentemente*, decidir de forma más apropiada [18]. A fin de cuentas es la *decisión en sí misma* la que es fuente de poder y de información, de control sobre el propio futuro y el del rededor, es la decisión la que *hace la diferencia*. Si esa decisión es delegada en otro, tarde o temprano la gente acaba enajenada de sí (cf. [Fathy, 1969:22-23]).

En la actual encrucijada, los técnicos con preocupación ecológica debemos aclarar nuestras prioridades: antes que nada *somos* parte de la población y, junto a ella y para ella, debemos reivindicar el liderazgo responsable de los necesarios procesos de transformación, que sin lugar a dudas requiere nuevas formas de acción política; después, en nuestra labor como técnicos, debemos evitar con todo cuidado dar solución a aquellos problemas *indecidibles técnicamente*, limitándonos a identificar y mostrar a nuestros semejantes las alternativas no-peores que, en cada ocasión, aparezcan en el horizonte. Hoy por hoy, la situación real de la técnica queda muy lejos de estos objetivos: bajo el disfraz de *sacralizados* procedimientos lógico-formales, la técnica (encarnada por sus profesionales) se arroga la competencia sobre multitud de decisiones no-técnicas, una competencia que resulta urgente devolver a la sociedad. Después de todo, no podemos seguir ignorando que la ecología de las sociedades humanas *es* la evolución de sus conciencias [19].

En la actual encrucijada, los técnicos con preocupación ecológica debemos aclarar nuestras prioridades: antes que nada *somos* parte de la población y, junto a ella y para ella, debemos reivindicar el liderazgo responsable de los necesarios procesos de transformación, que sin lugar a dudas requiere nuevas formas de

acción política; después, en nuestra labor como técnicos, debemos evitar con todo cuidado dar solución, objetiva sólo en apariencia, a aquellos problemas *indecidibles técnicamente*, autolimitándonos a identificar y mostrar a nuestros semejantes las alternativas no-peores que, en cada ocasión, aparezcan en el horizonte. Hoy por hoy, la situación real de la técnica queda muy lejos de estos objetivos: bajo el disfraz de *sacralizados* procedimientos lógico-formales, la técnica (encarnada por sus profesionales) se arroga la competencia sobre multitud de decisiones no-técnicas, una competencia que resulta urgente devolver a la sociedad.

## Agradecimientos

Mucha gente me ha ayudado en este trabajo. Belén Conesa y José Molina me proporcionaron útiles discusiones y el diseño de las tres últimas figuras. Hugo y Patrick Castelli tradujeron al inglés el manuscrito original. Redacté la versión final inglesa con la ayuda de Carlos Verdaguer y Celia Gutiérrez. Un buen número de sugerencias útiles provienen de Gema Arcusa, Gregorio Ballesteros, Antonio Estevan, Francisco Javier González, Isabel González, José Manuel Naredo, Isabel Velázquez y Alejandro Vivar. Lourdes Domingo puso en orden la transcripción de los nombres árabes al alfabeto latino. En cualquier caso, los errores que queden son de mi exclusiva propiedad. El Departamento de Estructuras de Edificación de la Escuela de Arquitectura de Madrid ha subvencionado parcialmente este trabajo.

## Referencias

*Aymonino, Carlo* (1973) **La vivienda racional** (Barcelona. Gustavo Gili)

*Butti, Ken y Perlin, John* (1980) **A golden thread** (s.d. (Hay traducción castellana: Un hilo dorado. Madrid: Hermann Blume, 1985.))

*Cervera Vera, Luis* (1995) **Pelegrina (Guadalajara)** (Madrid: Castillo de Batres)

*Eco, Umberto* (1985) **La definición del arte** (Barcelona: Planeta-Agostini)

*Fakhry, Ahmed* (1974) **The Oases of Egypt: Bahriyah and Farafra Oases** (Cairo: The American University in Cairo Press)

*Fathy, Hassan* (1948) **El nuevo poblado de Gournah en Egipto** (Revista Nacional de Arquitectura, año VIII, n. 50, pp. 281-294)

*Fathy, Hassan* (1969) **Gourna: a Tale of two Villages** (Cairo: Ministry of Culture. (Se cita la segunda edición egipcia: Architecture for the Poor. Cairo: The American University in Cairo Press, 1989.))

*Fernández Duran, Ramón* (1996) **Contra la Europa del Capital y la globalización económica** (Madrid: Talasa Ediciones)

*Garey, Michael R. y Johnson, David S.* (1979) **Computers and Intractability** (New York: Freeman. (Se cita el *update* de 1991, que incluye una adenda con los descubrimientos acontecidos desde la edición original))

*Georgescu-Roegen, Nicholas* (1971) **The Entropy Law and the Economic Process** (s.c.: Harvard University Press (Hay tr. castellana: La Ley de la Entropía y el proceso económico. Madrid: Fundación Argentaria - Visor, 1996.))

*Illich, Ivan* (1980) **Vernacular values** (The Schumacher Lectures. Bideford (Devon): The Schumacher Society (tr. castellana: Para Schumacher. Madrid: Blume, 1981.))

*Kauffman, Stuart A.* (1993) **The Origins of Order** (New York: Oxford University Press)

*Kropotkin, P.* (1892) **La conquista del pan** (s.d. (se cita la edición castellana de Júcar, Madrid, 1977.))

*Luxán, Margarita de* (1985) **Alternativa al planeamiento de Patones** (Madrid: Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda de la Comunidad Autónoma de Madrid)

*Maunder, W. J.* (1988) **The human impact of climate uncertainty** (London: Routledge)

*Ovejero Lucas, Félix* (1996) **La insensibilidad ecológica de la democracia** (El Viejo Topo, n. 97, pp. 32-36)

*Salas Serrano, Julian* (1992) **Contra el hambre de vivienda** (Bogotá: Escala)

*Steele, James* (1988) **Hassan Fathy** (London: Academy Editions)

*Vázquez Espí, Mariano* (1987) **Barro y cemento: dos tecnologías conexas** (La tierra, material de construcción. Madrid: monografías del Instituto Eduardo Torroja, n. 385/386, pp.73-76.)

*Vázquez Espí, Mariano* (1997) **The Role of the Inhabitants in Ecological Approaches to Architecture** (Village Wisdom---Future Cities. Register & Peeks (Eds). Oakland: Ecocity Builders, pp.170-174)

Fecha de referencia: 30-11-1997

---

1: El origen de este documento se remonta a una ponencia presentada en la *3rd International Ecocity Conference*, Dakar, enero de 1996 [Vázquez, 1997]. Posteriormente fue dictada bajo títulos diversos en distintas universidades e instituciones.

La presente versión ha sido corregida y aumentada.

---

2: "En estos tiempos de general interpenetración de las técnicas científicas internacionales, propongo una simple vivienda para todos los países, para todos los climas: una vivienda con respiración exacta"  
*Précisions*, Le Corbusier.

---

3: La lectura directa del relato de Fathy (1969) es insustituible, además de tratarse de una obra mucho más ambiciosa, que contiene numerosas lecciones que aun no han sido aprendidas.

---

4: "el artesano estará tentado a usar y mejorar las formas locales tradicionales, pues al menos verá como un arquitecto titulado las valora, mientras que el poblador estará ... en posición de comprender y apreciar el trabajo del artesano."

---

5: La confianza en el método *racional* es omnipresente en la obra de Fathy [**Fathy 1969:23,121,129,134-135,138,188-189**], aunque junto a ella discurre una dura crítica a sus consecuencias y en particular al papel del técnico, justo en la misma línea que intentaré desarrollar después Fathy [**Fathy, 1969:19-21,24-25,27-29,39,49,133,141-142**]. Fathy estaba, tal parece, cruzando el puente entre el viejo y un nuevo paradigma.

---

6: Debe notarse que, en esta disposición del poblado, las fosas sépticas habituales no deberían emplearse 'aguas arriba', pues podrían contaminar los acuíferos más superficiales antes de la salida del agua en la fuente. No es de extrañar por ello que, en un oasis, el camino al retrete conduzca frecuentemente a los huertos.

---

7: "Era un mundo nuevo para mi, un completo pueblo de espaciosas, hermosas, limpias y armoniosas casas cada una más bella que la anterior. No había nada igual en Egipto; como un pueblo de algún país soñado, quizá de un Hoggar oculto en el corazón del Gran Sahara."

---

8: Se supone que se trata de un modelo neolítico, con una rueda horizontal de tracción engranada con otra vertical que mueve la noria y los cangilones.

---

9: Aunque, por supuesto, no puede impedir la disminución a largo plazo de los caudales que actualmente afecta a todos estos oasis cf. [**Fakhry, 1974:29**].

---

10: [**Fathy, 1969:137**] debe ser incluido entre los críticos 'duros' a este genero de ayudas.

---

11: El agua actualmente proviene de una fuente que es distribuida a cada casa mediante conducciones convencionales. Resulta notable que el crecimiento del pueblo comenzara al norte del castillo, prosiguiera por el barrio del Sol, y continuara nuevamente hacia el norte, cf. [**Cervera, 1995**]. Tal parece como si la *dimensión* fundamental, una vez decidido el emplazamiento, hubiera sido la pendiente del terreno.

---

12: He escogido este ejemplo, por haberse usado con frecuencia, cf. [**Kropotkin, 1892:122-123**]; sin embargo, un problema en apariencia tan simple como el diseño 'ecológico' de una viga presenta las mismas características que examinaremos a continuación.

---

13: Para ello deben cumplirse algunas condiciones matemáticas muy exigentes que no viene al caso detallar, puesto que aunque pueden ser un formidable obstáculo práctico para obtener la solución buscada, no representan un escollo teórico de pareja importancia.

---

14: Por supuesto, las gráficas dibujadas son puramente especulativas. Las reales, si es que pueden determinarse, serían más complicadas, pero esto no añadiría nada esencial a la cuestión. Sin embargo, merece la pena aclarar algunos detalles: en el eje de abscisas de la figura 15 se representan los procedimientos posibles *ordenados*, tal como se explica más adelante. Por supuesto, cada uno de ellos

estará definido mediante variables escalares, tales como el tamaño de la explotación, la profundidad de la mina, número de empleados, etc. La gráfica dibujada sería más apropiada para mostrar la variación de la función objetivo con respecto a *una* de estas variables escalares. De hecho, la representación completa de la función tendría que hacerse en un espacio con tantas dimensiones como variables escalares intervienen en la definición de un procedimiento particular, más una dimensión adicional para la propia función. Obviamente, tal representación es poco práctica si el número de variables es mayor que dos. Sin embargo, puesto que cada procedimiento no es más que una lista de valores, *siempre* puede ser representado como una ristra de ceros y unos de longitud apropiada mediante el uso de un sistema de codificación previamente convenido. De este modo, todos los procedimientos posibles, así representados, pueden ordenarse y, por tanto, construirse una figura como la 15. Ciertamente, vista así, la curva que representa la función sería, en general, enormemente complicada, y el método de optimización diferencial difícilmente aplicable. Sin embargo, el problema tiene de todas maneras solución *teóricamente* mediante el método de *búsqueda exhaustiva* entre todas las ristas de ceros y unos que puedan codificar un procedimiento. En consecuencia, todos estos detalles no tienen transcendencia en lo que se refiere a mi argumentación, y he preferido omitirlos para evitar complicaciones innecesarias. El lector interesado puede consultar los aspectos básicos de la teoría general de resolución de problemas en el brillante trabajo de **[Garey y Johnson, 1979]**.

---

15: De los múltiples significados epistemológicos de la ley de la entropía, creo que éste tiene especial relevancia para el actual momento histórico. Aunque dicha ley debe ser considerada como una de las leyes fundamentales de la Naturaleza, un halo de misterio la envuelve. Como no cabe aquí más que resaltar su importancia, el lector puede consultar la detallada discusión que realizó sobre ella Georgescu-Roegen **[Georgescu-Roegen, 1971]**.

---

16: Este es el papel que están jugando los grupos ecologistas más inteligentes, y por ello tienen algún éxito cuando critican políticas públicas o privadas *decididamente* peores.

---

17: La actitud de los congresos internacionales de arquitectura moderna (CIAM) en los años treinta condujo, precisamente, a esta indeseable situación, véanse las ponencias presentadas por Le Corbusier o Gropius por ejemplo, cf. **[Aymonino, 1973:211-243]**, **[Fathy, 1969:29]**. Desafortunadamente, éste es el erróneo camino elegido por muchos grupos ecologistas al diseñar sus *alternativas*.

---

18: En este sentido, un claro ejemplo de participación popular insuficiente es la partidocracia instaurada en las autodenominadas democracias de los países ‘occidentales’, cf. **[Fernández, 1996:167]** y **[Ovejero, 1996]**.

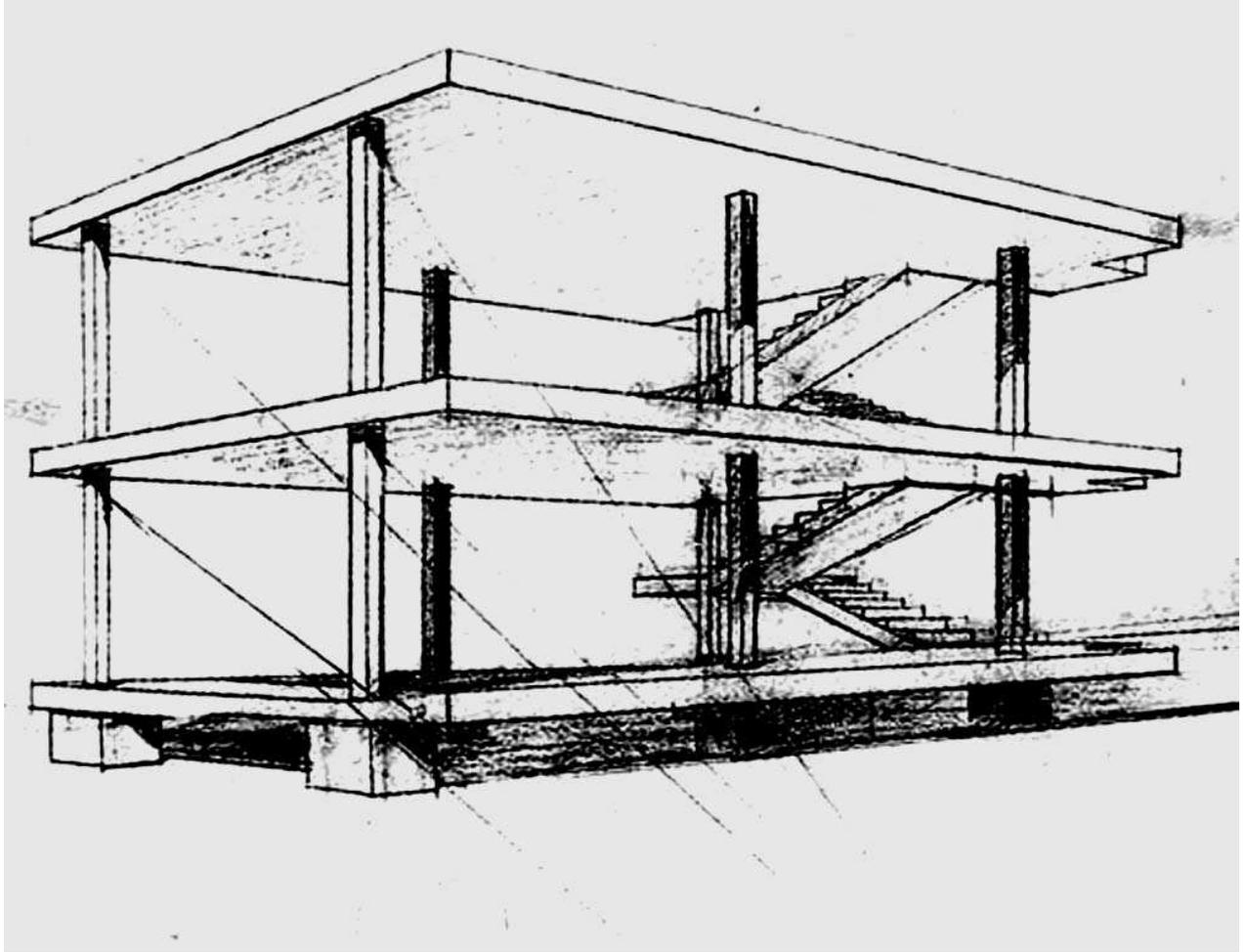
---

19: Muchos autores, especialmente anarquistas, han reflexionado sobre estos asuntos desde el siglo XIX o incluso antes (recuérdese el *Discours de la servitude volontaire* de Etienne de la Boétie (ca. 1576). Estas ideas surgieron en sus escritos desde una perspectiva filosófica, pero desafortunadamente fueron rechazadas por ello desde la perspectiva científica estándar. Sin embargo, en nuestros días comienzan a encontrarse evidencias de su verdadero valor desde una perspectiva matemática y formal. Véase, por ejemplo, Kauffman **[Kauffman, 1993]**.

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i1amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **Casa Dominó de Le Corbusier**



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i1amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i2amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## El "estilo internacional" de la miseria



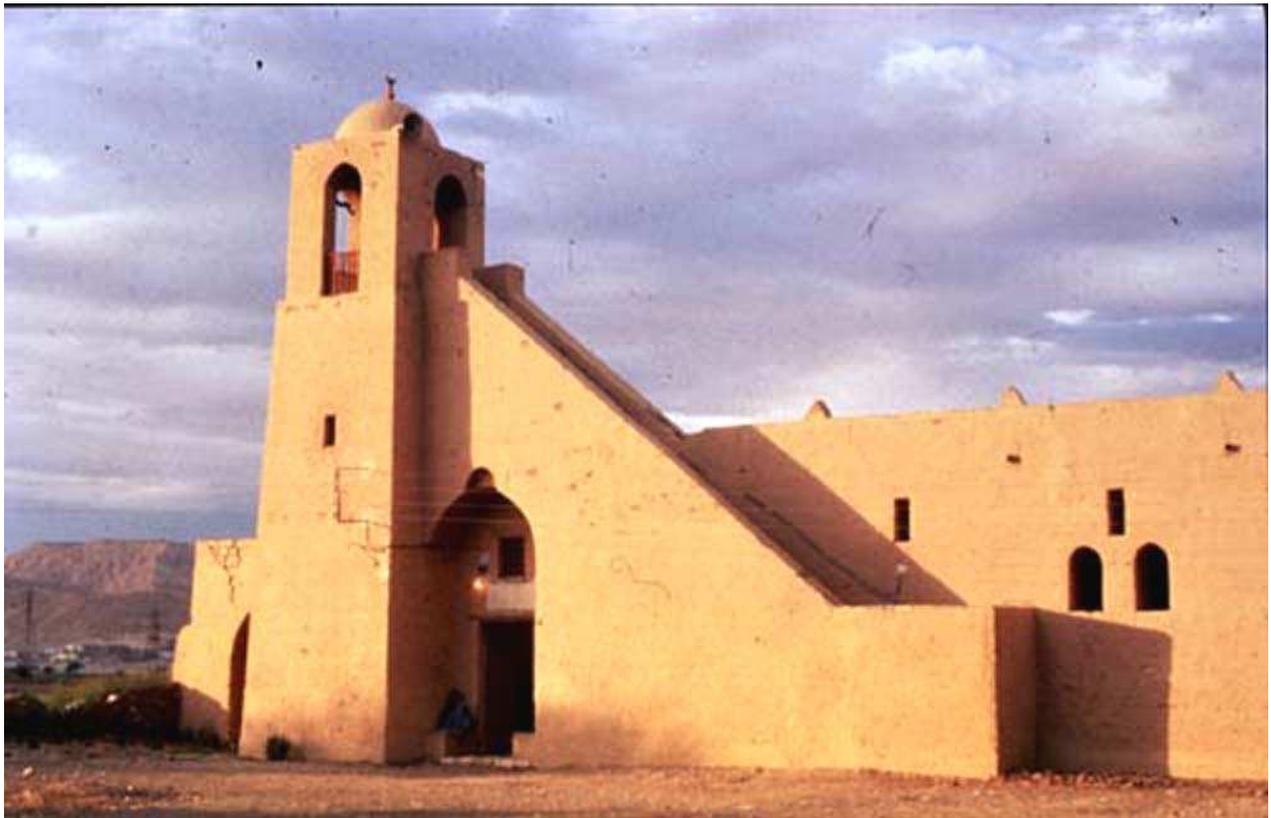
> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i2amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i3amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## Mezquita de Gurna El Gidida



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i3amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i5amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## Mercado de Gurna El Gidida



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i5amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/16amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **El cafetín de Balat**



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i7amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## Arquitectura de tierra en Balat



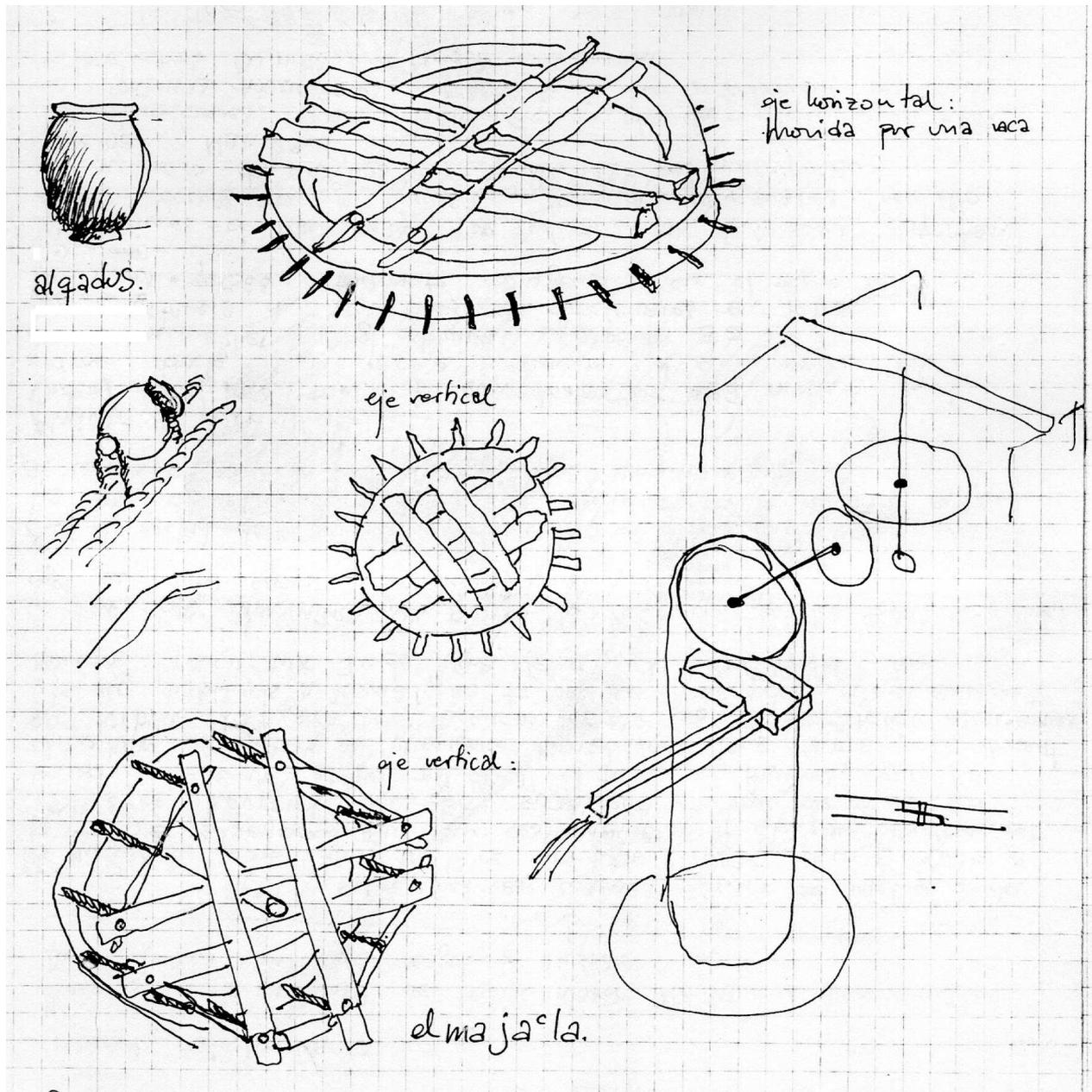
> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i7amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/18amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **Piezas y esquema de las norias de Balat**



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i8amvaz.html>

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/19amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **Noria de Balat**



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i10amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## Montaje de los cangilones de una noria



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i10amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i11amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **Noria en revisión**



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i12amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **Dos grifos surgen de una duna...**



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i13amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **Plano de Patones**

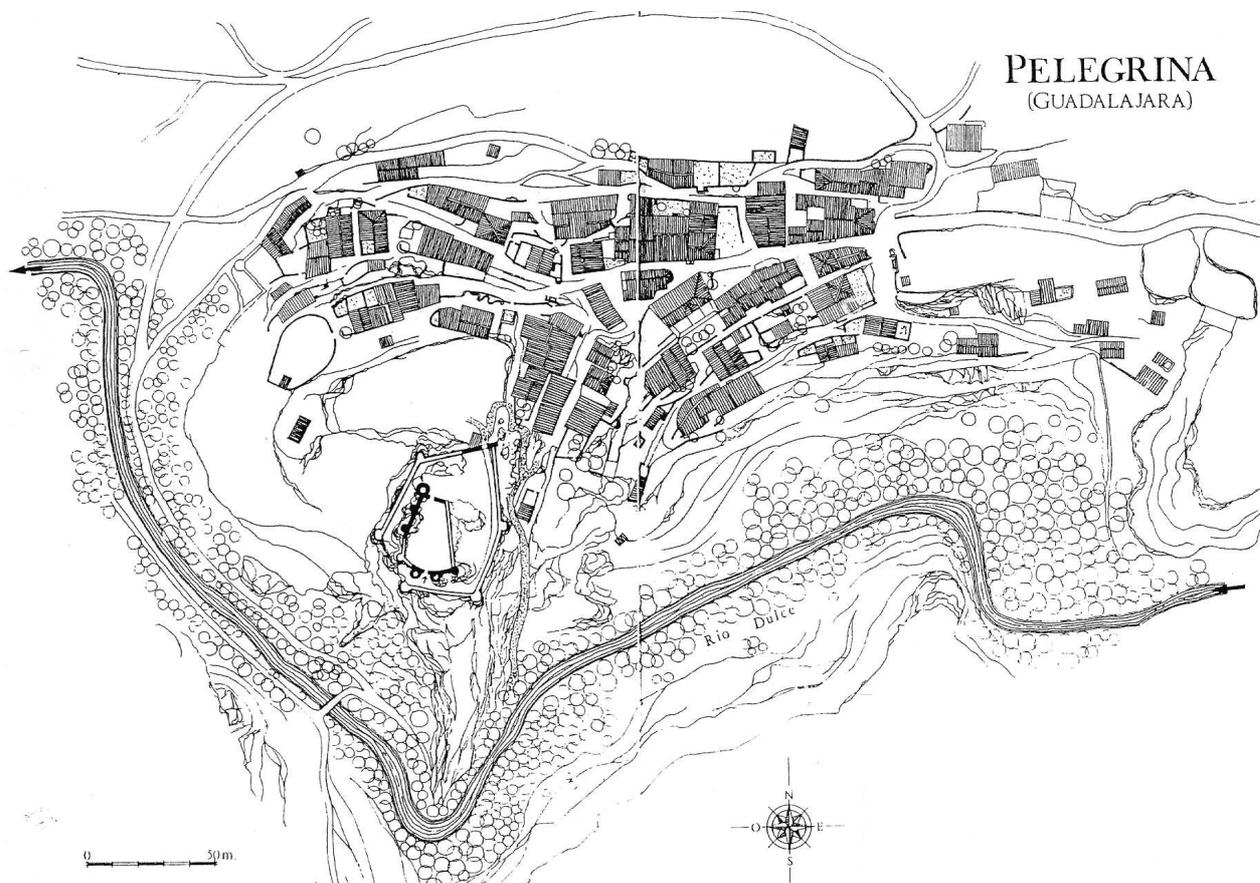
El área sombreada recibe menos de seis horas diarias de radiación solar (Luxán, 1985).



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i14amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **Plano de Pelegrina**



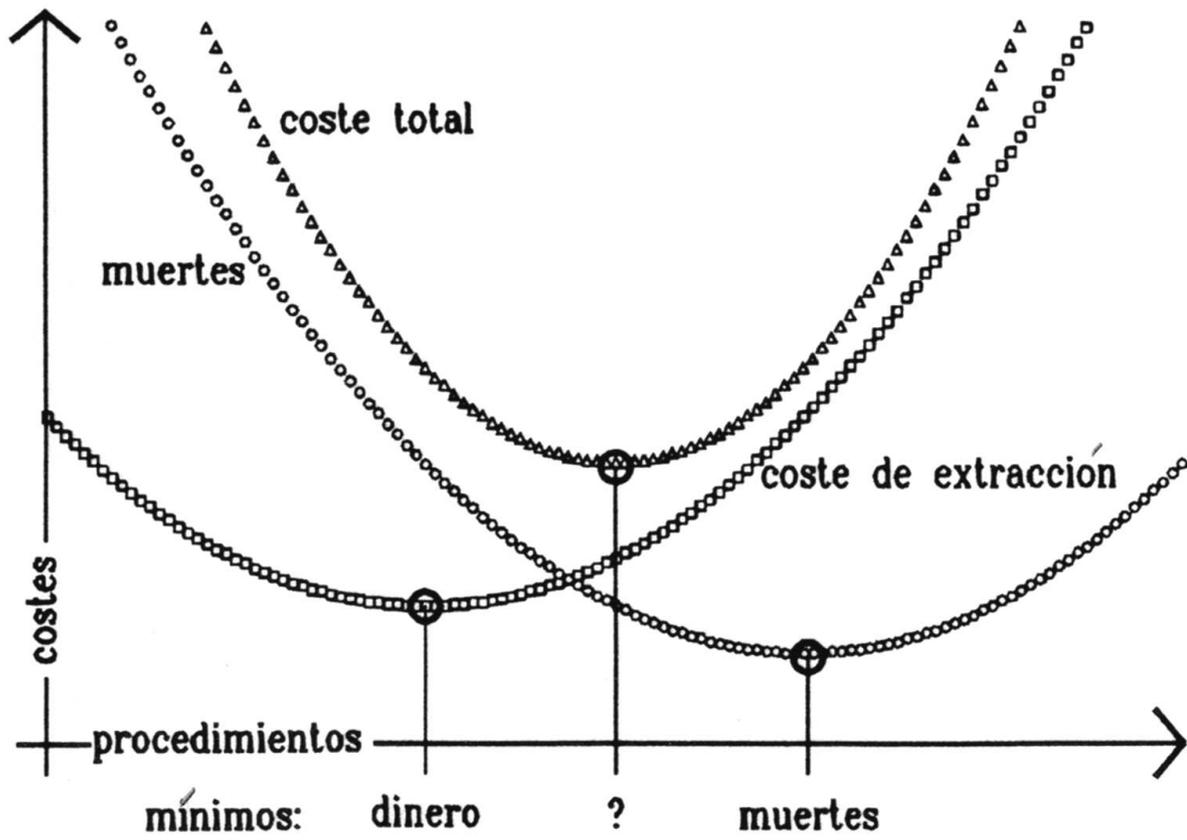
> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i14amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i15amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

**El óptimo de la suma no es la 'suma' de los óptimos**

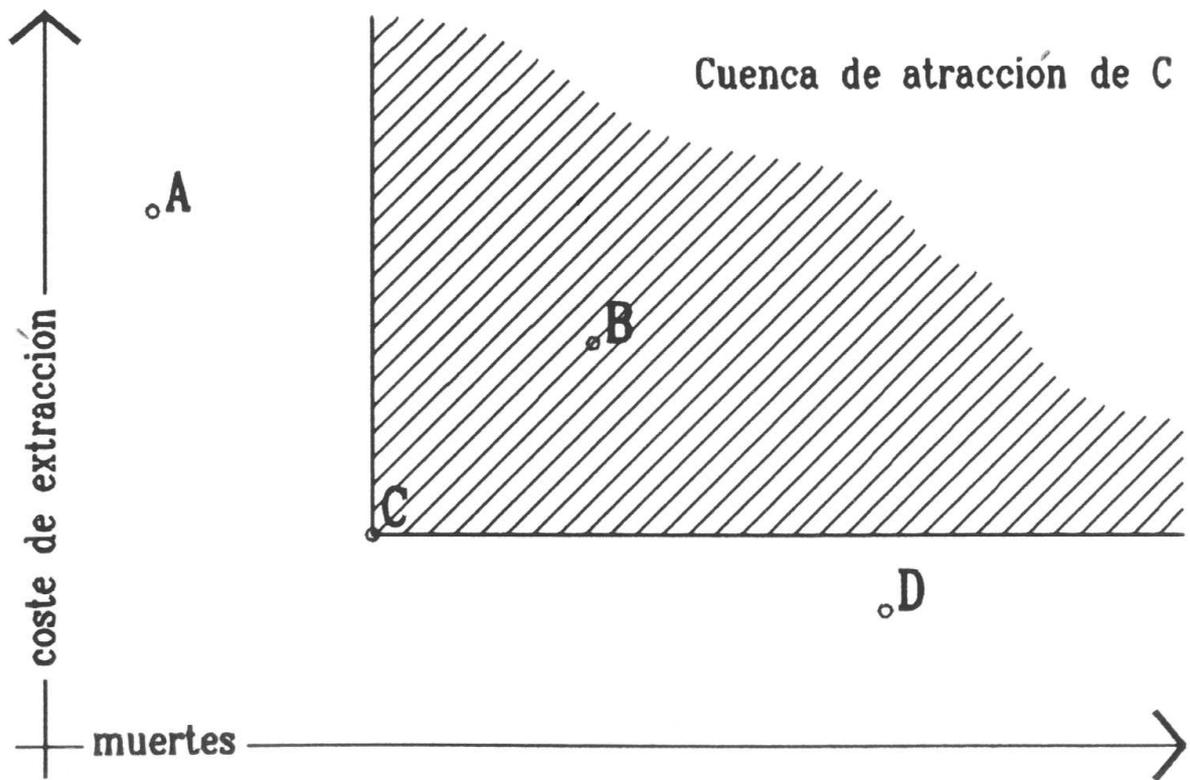


> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i15amvaz.html>

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i16amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **Problema de optimación vectorial (dos dimensiones)**

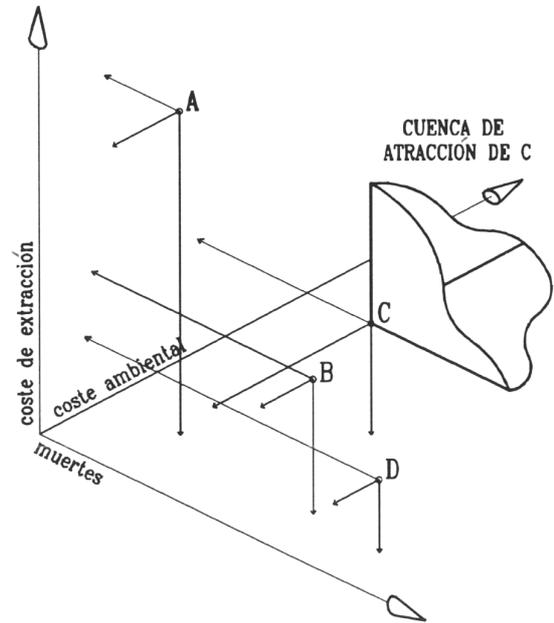
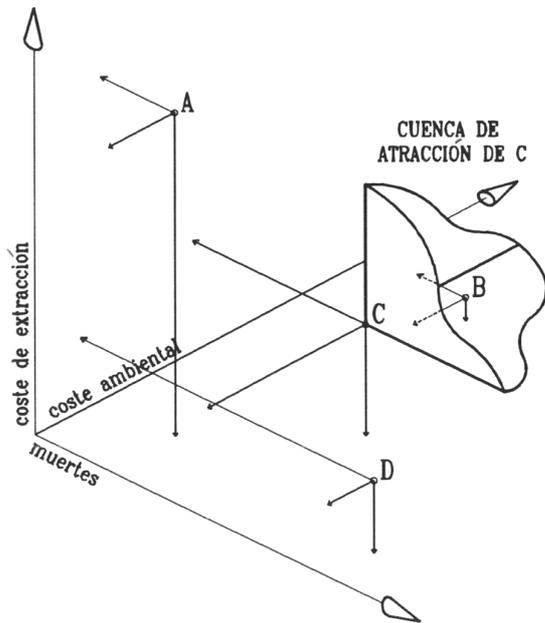


> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i16amvaz.html>

> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i17amvaz.html>

Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

## **Problema de optimación vectorial (tres dimensiones)**



> <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n3/fig/i17amvaz.html>