



Industrialización vs Sostenibilidad Industrialisation vs Sustainability

ALBERT CUCHÍ

Traducción: Judith Wilcock

Fábrica de Tesla
Motors en Fremont,
California.

Tesla Motors
Factory in Fremont,
California.

There is still a widely held belief that one of the principal evils plaguing the construction sector is its low level of industrialisation. The general consensus is that compared with other productive sectors, the construction of buildings lacks the productivity associated with the industrial model and is still overly dependent on labour and on building processes and materials that have low added value and are technologically backward.

Industrialisation of the sector is a much-repeated demand, constantly advocated as the sure-fire way to achieve quality and efficiency levels on a par with the benchmark sectors, invariably the automotive and home appliances industries. An industrialised sector, so the argument goes, would provide the requisite balance between costs, time frames and quality levels demanded by our industrial society.

The industrialisation of the construction sector has also been presented as a recipe for addressing the sustainability challenge, which apparently can only be met by industrial efficiency. A long-held aspiration—the industrialisation of the sector—is therefore presented in tandem with a new social demand—sustainability—as a formula for continuously supporting its much-needed modernisation.

This issue offers an excellent pretext for examining the relationship between industrialisation and sustainability, which can perhaps be best identified by attempting to arrive at a clear-cut definition of both concepts that transcends the generalisations and clichés that are traditionally bandied about. That is the aim of this text, to spark a debate about the two concepts and how they are interrelated.

Industrialisation

Architects have always demanded the industrialisation of the sector. We actively collaborate in the endeavour to bring it about, just as all the other agents involved do their bit to make it a reality. In fact, technological change—the advent of new materials with novel properties and new building processes—is widely regarded as one of the keys to the progress of architecture, to defining one of the

Es aún moneda corriente seguir considerando que uno de los principales males que aquejan al sector de la construcción es el bajo nivel de industrialización que presenta. Cómo, comparada con otros sectores productivos, la construcción de edificios se encuentra alejada de la productividad propia del modelo industrial, dependiendo aún en desmesura de la mano de obra y de procesos constructivos y materiales con bajo valor añadido y tecnológicamente atrasados.

La necesidad de industrializar el sector es una exigencia repetida y constante como el camino seguro para conseguir niveles de calidad y de eficiencia comparables a los que asumen sectores —como el automovilístico o el de electrodomésticos— que siempre son de referencia. Un sector industrializado nos permitiría disponer del exigible equilibrio entre costes, plazos y calidades que reclama nuestra sociedad industrial.

La industrialización del sector de la construcción se ha presentado también como la receta que puede permitir hacer frente al reto de la sostenibilidad al que, pretendidamente, sólo la eficiencia de la industria puede dar respuesta. Una vieja aspiración —la industrialización del sector— se presenta así unida a una nueva exigencia social —la sostenibilidad— en una ecuación que debe servir para seguir apoyando su necesaria modernización.

La cuestión merece aprovecharse como excusa para abordar una reflexión sobre la relación entre industrialización y sostenibilidad y que, quizá, podamos encontrar al intentar una adecuada definición de ambos conceptos que supere las generalizaciones y obviedades sobre ellos con las que generalmente operamos. Ese es el objetivo de este artículo, con la intención declarada de generar un debate sobre ambos conceptos y su relación.

Industrialización

Los arquitectos exigimos desde siempre la industrialización del sector y colaboramos a ella a poco que el resto de los agentes se confabulen para tratar de introducirla. De hecho, el cambio tecnológico,

limiting factors of architectural solutions whose evolution has generated new possibilities, new forms, new ways of confronting and solving the problems of living spaces.

This is because we are the heirs of a modern movement that based—or at least tried to justify—its conceptual and formal revolution on the premise that architecture should resolve the problems arising from the new industrial society, and that it should do this with the new resources offered by that society, taking advantage of the forms derived from the use of new materials and processes to design the habitat for the new industrial man. Steel, glass, reinforced concrete and weatherproof fabrics all allowed architects to re-think construction and build a new architecture, to explore the new formal possibilities freed from the restraints inherent to pre-industrial technological systems.

However, and in spite of the numerous occasions on which the necessary meeting of wills occurred and launched proposals perfectly equipped with the resources to guarantee at least partial success, industrialisation has invariably fallen prey to cost issues or—worse still—the production of monsters like the prefabrication of the 1960s and 70s. Why was this so? Why, after so many attempts, does success still elude us?

Whenever it is raised in technological circles, the discourse regarding the need for industrialisation is inevitably understood as the quest for an adequate formula for organising the technological and management elements necessary to produce buildings industrially. And when that formula is found, so the discourse continues, it will be sufficiently competitive with traditional production to gradually replace the latter and become the mainstream method for producing architecture. This explains the constant searching for new prototypes, new technologies, new processes, new management models that will ultimately provide the panacea for the true industrialisation of the sector.

But all of this constant searching is futile: the keys to industrialisation do not lie in technology or in streamlining production management processes. Technology and management are part of the equation but they are dependent on what genuinely triggers the phenomenon of industrialisation. And to understand this, the first question we must ask ourselves—obvious as it might sound—is, what is industrialisation? Naturally, the prefabrication of the components of a building and their assembly on site, coupled with the use of machinery and sophisticated technologies in building processes, are examples commonly used to describe industrialised construction, but we now know that they are images of, not responses to, the industrialisation of the sector.

By “industrialisation” we usually mean adopting industrial production processes, but that is merely stating the obvious. When we ask what is meant by “industrial production processes”, we are told that it refers to mass, standardised production—which in fact describes the end result, not the process—or that it is underpinned by scientific methods and supported by mechanised technological processes. All of these traits are typical of advanced industrial processes, but they do not reveal their true nature or allow us to distinguish between what is industrialisation and what falls short, because these traits are not always the sine qua non condition of an industrial process and nor do they describe the genuine root from which it grows.

The key characteristic of an industrial process, the aspect that defines its nature, is that it is a production process precisely because none of the elements of capital involved are ever inactive. In other words, all the tools, machines, infrastructures, etc. that it has been necessary to make, assemble, organise and put in place to transform the raw materials into the end products that the process sets out to create all have a specific function during the different stages of the production process being carried out.

In order to explain this concept more clearly and shed light on the difference with artisanal manufacturing processes, I will use the same example quoted by the Romanian American economist Nicholas Georgescu-Roegen in 1971¹ to define it in the terms described in this article.

Let us imagine a carpenter’s traditional workshop. There we would find the typical tools of the trade for transforming the planks of wood that enter the workshop into the tables, chairs, stools and other items of furniture that leave it. The workbench, saw, planer, hammer, perhaps the lathe, and a limited

la introducción de nuevos materiales con nuevas prestaciones y de nuevos procesos constructivos, es reconocido como una de las claves en el progreso de la arquitectura, en la definición de uno de los limitantes de las soluciones arquitectónicas cuya evolución genera la aparición de nuevas posibilidades, de nuevas formas, de nuevas maneras de afrontar y solucionar los problemas del habitar.

Porque somos hijos de un movimiento moderno que basó —o al menos trató de justificar— su revolución conceptual y formal en entender que la arquitectura debía resolver los problemas de la nueva sociedad industrial, y de hacerlo con los nuevos recursos que ésta ofrecía, con las formas nacidas del uso de los nuevos materiales, de los nuevos procesos, para diseñar el hábitat del nuevo hombre industrial. El acero, el vidrio, el hormigón armado, las telas impermeables, permitieron plantear la construcción de la nueva arquitectura y explorar el campo de sus posibilidades formales liberados de las trabas propias de los sistemas técnicos pre-industriales.

No obstante, y a pesar de las numerosas ocasiones en las que se produjo la necesaria conjunción de voluntades para lanzar propuestas perfectamente pertrechadas de recursos para alcanzar éxitos cuando menos parciales, la industrialización resultó descabalgada siempre por costes o —aún peor— por la producción de monstruos como la prefabricación de los años 60 y 70 del pasado siglo. ¿Por qué sucede? ¿Por qué no se han encontrado las vías hacia el éxito tras tantos intentos?

El discurso de la necesidad de industrialización se sobreentiende siempre que se produce en el ámbito de lo técnico, en encontrar la fórmula de organización adecuada con los elementos técnicos y de gestión precisos para producir los edificios de forma industrializada. Y que, cuando se halle, presentará la suficiente competitividad frente a las formas de producción habituales como para iniciar su sustitución como proceso productivo estándar de la arquitectura. De ahí la incesante búsqueda de nuevos prototipos, nuevas técnicas, nuevos procesos, nuevos modelos de gestión que, finalmente, han de permitir descubrir la panacea para abrir el sector a la industrialización.

Pero esa incesante búsqueda es en vano: las claves de la industrialización no están en lo técnico ni en la organización de los procesos de gestión de la producción. Lo técnico y la gestión forman parte de la ecuación, pero son factores dependientes de lo que realmente desencadena el fenómeno de la industrialización. Y para entenderlo, lo primero que cabría preguntarse —y no es una pregunta obvia— es qué es industrialización. Naturalmente, la prefabricación de los componentes de un edificio y su montaje en obra, el uso de maquinaria y de tecnologías sofisticadas en los procesos de obra, son ejemplos usados habitualmente para identificar la industrialización de la edificación pero ya sabemos que son imágenes y no respuestas a lo que es la industrialización del sector.

Entendemos habitualmente por industrializar el adoptar los procesos productivos propios de la industria, lo cual no es sino una obviedad. Cuando inquirimos qué es lo propio del proceso productivo de la industria se responde que la producción en serie, estandarizada, —lo que no es sino lo característico de su resultado y no del proceso— o que está organizada sobre bases científicas y apoyada en procesos técnicos mecanizados. Todos esos rasgos son trazas de los procesos industriales avanzados, pero no nos muestran su auténtica naturaleza ni nos permiten distinguir lo que es industrialización de aquello que no lo es, puesto que esos rasgos no siempre son condición ‘sine qua non’ de un proceso industrial ni describe la auténtica raíz que lo sustenta.

Lo característico de un proceso industrial, aquello que define su naturaleza, es que se trata de procesos productivos en los cuales ningún elemento del capital implicado en él permanece inactivo durante su desarrollo. Eso es, que todos los instrumentos, máquinas, infraestructuras, etc., que ha sido preciso fabricar, componer, ordenar y tener disponibles para efectuar las transformaciones propias del proceso productivo sobre las materias primas hasta transformarlas en los productos finales objeto del proceso, se encuentran ejerciendo su función en cualquier momento en el que el proceso productivo está en marcha.

Para explicar mejor el concepto y entender su diferencia con los procesos productivos artesanales, usaremos el mismo ejemplo que utilizó el economista norteamericano de origen rumano Nicholas Georgescu-Roegen en 1971¹ para definirlo en los términos que este artículo lo hace.

¹ The original example can be found in his book *The Entropy Law and the Economic Process*, published by Harvard University Press.

¹ El ejemplo original se encuentra en su libro *The Entropy Law and the economical process*. Traducción en castellano: “La ley de la entropía y el proceso económico”, publicado en la colección Economía y Naturaleza de ediciones Argenteria-Visor.

set of specific tools are at the craftsman's disposal, for his use in creating the furniture he produces. If we suppose that in a day's work the carpenter produces a table, during that period of time he will saw the planks of wood, shape them, perhaps turn the legs, create the joints, assemble the pieces and glue or nail them into place, and he might even sand and varnish the final surfaces.

The production process is characterised by an ordered sequence of operations on the raw material—gradually transformed—until the end result is achieved. In each of those operations the carpenter will use one or more specific tools in his workshop—which are there precisely to be used at a given point in the process—but while he performs each operation, the other tools not required remain inactive, hanging on the wall or stowed away in the bench drawers. In fact, for most of the time, the elements of the capital that make up the carpenter's workshop are inactive. Even the capital that represents the carpenter's carpentry knowledge, which has cost him time, effort and usually money to acquire, is inactive for most of the time because only the precise knowledge required for the operation being carried out at any given time is activated; the rest of his know-how lays dormant.

Now let us suppose that increased market demand puts our carpenter in the position of having to produce two tables a day instead of one.

One option would be to open a second workshop with a second carpenter to produce the second table required per day; in other words, to launch a new parallel process. But there is another option that would consist in hiring a second person for the workshop and dividing up the operations involved in the manufacture of the table so that they are carried out serially. Clearly, the advantage of this second option is that the capital investment required is much smaller—perhaps zero—and the productivity per unit of capital invested is much greater than that afforded by the other option, and even than that of the previous situation whereby one table per day was produced. Besides, the two carpenters may complement each other's know-how, therefore requiring less investment in learning and leading to a greater return on the workers' training capital.

If demand continues to grow and the production process is properly organised by allocating the correct element of production to each worker, there will come a time when all the capital—in the form of tools and even knowledge—will be in use at all times. Naturally, this may imply the existence of different proportions of tools from those of the original workshop—the relative number of planers, saws or benches, but also of turners and varnishers—but ultimately an adequate level of demand will mean that there is never any inactive capital and each unit of capital will have maximum productivity. Though still a manufacturing process, it will be industrialised and the benefits of labour division so extolled by Adam Smith will be forthcoming at each new step on that road.

Obviously, during the time in which demand has increased, the production processes will have gradually been adjusted and broken down to ensure that the “down times” of both the workers and the capital are as short as possible, simultaneously impacting on the speed and tempo of those processes, as in a complex choreography. And that adjustment is what drives technological change: redefining and subdividing processes, adjusting their times to the tempo of the most rigid production processes in the chain to maximise the capital that is the driving force of technological change.

Industrialisation is a process, not a goal. It consists in obtaining the maximum productivity from each unit of capital involved in the process. It begins with the craftsmanship, is achieved—and this is inescapable—when all the capital is active whenever there is a production process in progress, and continues to stimulate technological change in order to obtain new production configurations that make a more efficient use of the capital or to address new increases in demand.

Consequently, industrialisation is ultimately an economic process, generated by increased demand and driven by the criterion of optimising the capital invested. The need for technological change is not the catalyst of that process but is generated by it: it is a consequence, not a cause. Technology is basically a resource, a set of possibilities for organising production that is activated in order to identify the production function that permits the greatest return on the capital invested.

However keen we are to industrialise the production of tables, there will never be any point in doing so—and it will therefore not be done—if the demand for tables is insufficient to generate the industrialisation process: it would be economically inefficient to organise an automated factory

Imaginemos el taller tradicional de un carpintero. En él encontraremos los utensilios propios del oficio que le permiten transformar los tablones de madera que entran en su taller en las mesas, sillas, banquetas y otros muebles que salen de él. El banco, la sierra, la garlopa, el martillo, quizá el torno, y una serie limitada y concreta de instrumentos están disponibles para ser aplicados por el artesano en la creación de los muebles que produce. Si suponemos que en una jornada laboral el carpintero produce una mesa, a lo largo de ese período de tiempo el carpintero serrará los tablones, los perfilará, torneará quizás las patas, creará los encajes, montará y encolará y clavará las piezas e, incluso, es posible que lije y barnice las superficies finales.

El proceso de producción se caracteriza por el encadenamiento ordenado de una serie de operaciones sobre la materia prima—progresivamente transformada—hasta alcanzar el resultado final. En cada una de esas operaciones el carpintero usará uno o varios instrumentos concretos de los que dispone en su taller—que están ahí justamente para intervenir en la fase apropiada del proceso—pero mientras realiza cada operación, el resto de los instrumentos que no participan en ella se encuentran inactivos, colgados de la pared o en los cajones del banco. En realidad, durante la mayor parte del tiempo, los elementos del capital que configuran el taller del carpintero se encuentran inactivos. Incluso el capital que supone el propio conocimiento operativo del carpintero, que ha costado tiempo y esfuerzo—y a menudo dinero—adquirir, está inactivo la mayor parte del tiempo por cuanto sólo activa el conocimiento preciso para la actividad que está realizando en cada momento, estando ‘dormido’ el resto de saberes operativos que posee.

Supongamos ahora que un aumento de la demanda del mercado pone a nuestro carpintero en la tesitura de producir dos mesas al día en lugar de una.

Una opción es abrir un segundo taller con un segundo carpintero que produzca una segunda mesa diaria: iniciar un nuevo proceso en paralelo. Pero hay otra que consiste en integrar a un segundo operario en el taller y dividirse las operaciones de fabricación de la mesa de forma que éstas se produzcan en serie. Obviamente, la ventaja de esa segunda opción es que la inversión de capital necesario es mucho menor—quizá ninguna—y la productividad por unidad de capital invertido mucho mayor que en la otra opción, e incluso que en la situación anterior de producción de una mesa diaria. Además, el conocimiento operativo de los dos carpinteros puede ser complementario y, por tanto, requerir menos inversión en aprendizaje y más rendimiento también del capital formativo de los operarios.

Si sigue aumentando la demanda y la producción se ordena de la forma adecuada dando a cada operario la fracción pertinente de producción, llegará un momento en que todo el capital—en forma de herramientas e incluso de conocimientos—estará en funcionamiento en todo momento. Naturalmente, ello puede implicar la existencia de proporciones distintas de instrumentos a las existentes en el taller original—número relativo de garlopas, sierras o bancos, pero también de torneros o barnizadores—pero finalmente un nivel adecuado de demanda hará que no exista capital inactivo en ningún momento y que la productividad de cada unidad de capital sea máxima. El proceso, aun siendo manufacturero, estará industrializado y los beneficios de la división del trabajo preconizados por Adam Smith se estarán adquiriendo a cada nuevo paso dado en ese camino.

Obviamente, durante el tiempo en que el incremento de la demanda se ha producido, los procesos productivos se habrán ido ajustando, desagregándose de forma que los ‘tiempos muertos’ de los operarios y del capital sean los mínimos posibles y, con ello, incidiendo sobre la velocidad y ritmo de esos procesos, como en un ballet cuya complejidad podemos todos imaginar. Y ese ajuste es un motor de cambio técnico: redefinir los procesos, subdividirlos, ajustar sus tiempos a los ritmos de los procesos productivos más rígidos de la cadena para obtener el máximo aprovechamiento del capital es el motor del cambio técnico.

La industrialización es un proceso, no una meta. Consiste en obtener la máxima productividad de cada unidad de capital introducida en el proceso. Se inicia desde la artesanía, se alcanza—y es un horizonte irrenunciable—cuando todo el capital está activo siempre que el proceso productivo está en marcha, y continúa excitando el cambio tecnológico para obtener nuevas configuraciones de producción más eficientes en el uso del capital o abordar nuevos incrementos de demanda.

Así, la industrialización es un proceso de raíz económica. Generado por el aumento de la demanda y conducido por un criterio de optimización del capital invertido. El cambio técnico es una exigencia

to produce two tables a day when our carpenter's workshop can produce them for a much smaller investment. Industrialisation is born of demand, not of capacity or a desire for technological change.

In fact, industrialisation is born of stable demand. A sector with sharp peaks and troughs in demand, exposed to widely varying cycles with regard to its average value, cannot provide the capital investment required for that average value because it is unprofitable. The demand for two tables today but only one tomorrow, or perhaps three the day after tomorrow, will not industrialise our carpenter's workshop but create a labour problem consisting of an eternal and lamentable lack of job security.

This is why our production sector, construction, has never reached an advanced state of industrialisation. In view of the speculative fluctuations permitted in this country by the production of building land, the sector responds to the varying demand by maximising the capital investment. There is no doubt about this, although our own perspective often prevents us from recognising it with the clarity it deserves.

The same technological itch that makes us regret the absence of industrialised construction sector flares up again when we contemplate the proliferation and enduring use of inefficient construction systems to build our works. The waffle slab or solid slab is a clear example of the widespread use of a deplorable, inefficient technological element to resolve the roofs of our buildings in that it mainly supports its own weight because the geometric configuration of its materials and the position of the mass do very little to optimise its load-bearing capacity. Its advantage is of another type which has nothing to do with its structural efficiency.

Before the crisis, waffle or solid slabs were used in practically every building in this country, irrespective of whether it was a large edifice or a row of terraced houses, whether the spans were wide or quite narrow, with compact perimeters and balanced spans or with complex perimeters and irregular spans full of torsional edge beams. Any work could be—and was—resolved using this type of roof.

Why is that? Why is this system always the most economical in spite of its inefficiency, like other systems just as or more inefficient for resolving other construction elements? When we think about industrialisation, we imagine the construction process of a building to be the aim of that industrialisation—naturally—and we look for it by observing that process and trying to identify efficiency in the various stages involved. In fact, that only confuses the direction of our gaze.

Anyone who has ever been involved in building a work knows that in reality it is organised like a time-share. In other words, throughout the construction process—and always under the gaze of the main contractor—the building is occupied by a succession of different sub-contractors who, one after the other, take over from the previous occupant as owners of the work: excavation, foundations, structures, exterior closures, interior closures, the different types of installations and, last but not least, the different finishes in their natural order from ceiling to floor (or not, but that is another debate).

The business consists in every industrial engineer—which is how sub-contractors are frequently referred to—submitting their prices and time frames based on a series of output conditions (specifications provided) and input conditions (specifications to be met), and the main contractor following them up and guaranteeing delivery. A building work is therefore not a continuous production process, but a chain of multiple production processes which are organised independently of each other—the secret of success lies largely in ensuring that two industrial engineers never coincide at the same time at the same site—and only every overlap in certain input and output conditions, the rigour of which has considerable bearing on the quality of the process and its profitability.

And it is in line with each of these production processes that we must seek the logic of the construction systems obtained from them, rather than in a technical efficiency that it is only limited by the output conditions, by the service quality demanded by the contractor on behalf of the promoter, architect or building code. Viewed from this perspective, from the logic of a structural or industrial engineer who needs to have all his capital and people occupied at all times, is when the waffle or solid slab becomes the optimal choice: it adapts to every geometry, its strength can resolve any span simply by adapting the edge—which reduces the variety of tools and knowledge, i.e. capital, required—and it boils the whole process down to three main tasks: shuttering with boards that are always flat, arranging the prefabricated beam fillings and frameworks, and pouring on the concrete; just three

generada por ese proceso, no es genéricamente su activador: es una consecuencia y no una causa. La técnica es básicamente un recurso, una fuente de posibilidades de organización de la producción que se activa para encontrar la función de producción óptima para obtener más rendimiento del capital.

Por mucho que queramos industrializar la producción de mesas, nunca tendrá sentido hacerlo —y por tanto no se hará— si no hay la demanda de mesas suficiente que genere el proceso de industrialización: será económicamente ineficiente organizar una fábrica automatizada para producir dos mesas diarias cuando el taller de nuestro carpintero lo consigue con una inversión muy inferior. El proceso de la industrialización es hijo de la demanda, nunca de la capacidad o de la voluntad técnica.

Es más, es hijo de una demanda estable. Un sector con fuertes altibajos de demanda, sometido a ciclos de gran amplitud respecto a su valor medio, hace imposible —por falta de rentabilidad— la inversión de capital que correspondería a ese valor medio. La demanda de dos mesas hoy y una mesa mañana —y quizá de tres pasado mañana— no va a industrializar el taller de nuestro carpintero sino a generar un problema de mano de obra en perenne condición de lamentable inseguridad laboral.

Es por ello que nuestro sector productivo, el de la construcción, no ha alcanzado estadios de industrialización avanzados. Ligado a los vaivenes especulativos que permite en nuestro país la producción de suelo edificable, el sector responde al variable nivel de la demanda con la maximización de la inversión de capital posible. Y es bien cierto que lo hace, aunque nuestra manera de mirar no nos permita a menudo reconocerlo con la claridad meridiana con la que se nos manifiesta.

El mismo prurito técnico que nos hace lamentar la ausencia de una construcción industrializada, nos ataca cuando contemplamos la difusión y pervivencia de sistemas constructivos ineficientes para resolver nuestros edificios. El forjado reticular o la losa maciza es un ejemplo claro del uso generalizado de un elemento técnico de una eficiencia deplorable en la resolución de los techos de nuestros edificios, por cuanto trabaja sobre todo para soportar su propio peso, ya que la configuración geométrica de sus materiales y la disposición de su masa está muy lejos de optimizar su capacidad portante. Pero su ventaja es otra y no responde a su eficiencia estructural.

Antes de la crisis, en nuestro país prácticamente cualquier edificio se resolvía con forjados reticulares o losa, ya fuese un edificio de grandes dimensiones o un conjunto de viviendas unifamiliares en hilera. Ya tuviese luces considerables o considerablemente reducidas, con perímetros compactos y luces equilibradas o con perímetros complejos y de luces irregulares y llenas de bordes trabajando a torsión. Cualquier obra se podía —se puede— encontrar resuelta con este tipo de techo.

¿Por qué eso es así? ¿Por qué siempre ese sistema es el más económico a pesar de su ineficiencia, como lo son otros sistemas tan o más ineficientes para resolver otros elementos constructivos? Cuando pensamos en industrialización, nuestra mente imagina el proceso de construcción de un edificio como el objetivo de esa industrialización —lo que es obvio— y lo busca observando ese proceso, tratando de encontrar la eficiencia a lo largo de él. Pero con ello confunde la dirección de la mirada.

Todos los que hemos tenido una relación con la obra sabemos que ésta se organiza, en realidad, como una multipropiedad, eso es, que a lo largo del proceso de construcción del edificio —y siempre bajo la mirada del contratista principal— éste va siendo ocupado por diferentes subcontratistas que, uno tras otro, se van relevando en la propiedad de la obra: excavación, cimentaciones, estructuras, cerramientos exteriores, cerramientos interiores, los diferentes ramos de instalaciones y, finalmente, los diferentes acabados en su orden natural de techo a suelo (o no; pero esa es otra discusión).

El negocio consiste en que cada industrial —así son denominados a menudo los subcontratistas— da su precio y plazos en función de unas condiciones de salida de la obra —o sea de calidades aportadas— y de unas condiciones de entrada —calidades previas que debe tener la obra ya realizada— que tiene que perseguir y garantizar el contratista general. La obra no es pues un proceso productivo continuado, sino el engarce de numerosos procesos productivos organizados independientemente unos de otros como tales —buena parte del secreto del éxito es que no coincidan jamás dos industriales al mismo tiempo en la misma obra— que sólo conectan en unas condiciones de entrada y salida de cuyo rigor depende en buena medida la calidad del proceso y su rentabilidad.

Y es en la línea de cada uno de esos procesos productivos donde debemos buscar la lógica de los sistemas constructivos obtenidos de ellos, y no en una eficiencia técnica que sólo está limitada por las con-

teams of technicians to keep busy and who operate with the same capital and—most importantly—at different sites: resolving every roof with the same system grows the demand and maximises the return on the capital invested.

We can say the same thing about the excavation sub-contractor, given the generic nature of the machinery used in this phase of the work, or the logic of the systems that guarantee the independence between the different sub-contractors on site—as shown by the long endurance of conduits in tiled walls to avoid the installation engineer coinciding with the tiler—and the explanation for the evolution of technologies used in each of the production processes by each type of industrial engineer.

The standardisation of tasks at different sites and independence from all the other industrial engineers are what allow each subcontractor to define his demand and permit the capitalisation of the sector: following a sub-contractor from one site to another to perform the same tasks—and adjusting the capital to the joint demand they represent—is where we should look for an accurate picture of the productivity of our sector, not in the sequence of tasks performed by different industrial engineers at the same site. That is the direction in which we must interpret industrialisation, but it is an interpretation that still requires documented research to provide a proper perspective of the issue once and for all.

The process of industrialisation clearly makes sense in a production system organised by capital whose aim—as traditional political economists remind us—is to reproduce as quickly as possible, for which it needs to obtain the maximum return on the production of goods. In a social model organised around other priorities—for example, the labour distribution commonly found in peasant societies—industrialisation as a process makes no sense at all. Industrialisation as a process is only a valid instrument in a specific social model.

This observation may seem inconsistent with the increases in labour productivity implied by the use of capital, which seemingly endow industrialisation with the right to be regarded as an autonomous, universal and beneficial tool per se. However, we will see how beyond a certain point greater labour productivity does not come free but demands something in exchange. We will discover the true price of the advent of machinery—an old debate from traditional economic theory—in achieving that higher productivity, and to which most of us still remain blind today.

We will see how controlling costs, quality and time frames—the objective behind the clamour for the introduction of industrialisation in producing buildings—requires an exercise in considering costs, perceiving time and defining quality, all of which are not only highly restrictive but socially unacceptable as soon as those restrictions become evident.

Because the fact is that industrialisation, as a process, can only occur and be sustained by the continuous increase of demand. And responding to that continuous increase of demand requires an environment with specific characteristics that must be offset against the demands for sustainability. As we will see, the advent of these contemporary demands is part and parcel of the process of industrialisation and its globalisation.

Sustainability

The continuous growth of demand required by the process of industrialisation—governed by the need to reproduce capital as the factor that controls the production process—relies on a material base to finance it, to make it possible and sustain it.

Pre-industrial societies were organic: in other words, they obtained most of their resources by managing the biosphere. The biosphere is capable of transforming solar energy into materials that can be used to meet the needs of humankind, such as wood and other plant fibres from which energy and a whole host of useful materials can be obtained.

In fact, every traditional culture can be viewed as the transformation of the surrounding organic environment to obtain productivity from organised materials—utensils—that permit the reproduction of the society that manages that productivity. The technical complexity of this transformation and its multiple local expressions, coupled with the social fabric that maintains them, is enormous and comprises humankind's vast traditional heritage.

diciones de salida, por la calidad de servicio exigida por el contratista a instancias del promotor, del arquitecto o de la normativa. Visto desde ahí, desde la lógica de un industrial estructurista que debe tener todo su capital y su gente en funcionamiento en todo momento, es cuando el forjado reticular o la losa resulta óptimo: se adapta a cualquier geometría, su potencia le sirve para resolver cualquier luz adaptando sólo el canto —lo que obliga a poca variedad de utillaje y conocimientos, o sea de capital— y permite simplificar las tareas esenciales a tres: encofrar con un tablero siempre plano, disponer entrevigados y armaduras prefabricados, y hormigonar: sólo tres equipos de especialistas que mantener en continua acción y que se mueven con el mismo capital y —eso es importante— actuando en diferentes obras: resolver todos los techos con el mismo sistema permite acrecentar la demanda e incrementar al máximo la rentabilidad del capital.

Lo mismo podemos decir del subcontratista de la excavación y entender la generalización de la maquinaria en esa fase de la obra, o la lógica de los sistemas que aseguran la independencia entre subcontratistas en la obra —como mostró la larga supervivencia de la regata en el tabique cerámico para evitar la convivencia del instalador con el albañil— así como leer la evolución de las técnicas usadas en cada uno de los procesos productivos de cada rama de industriales.

La homogeneización de las tareas en diferentes obras y la independencia del resto de los industriales es lo que permite definir la demanda a la que atiende cada subcontratista y donde se encuentra la capitalización del sector: seguir a un subcontratista saltando de obra en obra realizando siempre las mismas operaciones en cada una de ellas —y usando el capital ajustado a la demanda conjunta que suponen— dará la visión productiva adecuada de nuestro sector, no la secuencia de operaciones de distintos industriales dentro de una misma obra. Esa es la dirección en la que debemos leer su industrialización, lectura que está pendiente de un estudio razonado que aporte de una vez por todas la visión adecuada sobre la cuestión.

Lógicamente, el proceso de industrialización tiene sentido en un sistema productivo organizado por el capital, cuyo objetivo —como nos recuerdan los economistas políticos clásicos— es reproducirse a la mayor velocidad posible, para lo cual precisa de obtener la máxima rentabilidad en la producción de mercancías. En un modelo social organizado con otras prioridades —por ejemplo el reparto del trabajo, propio de las sociedades campesinas— la industrialización como proceso no tiene sentido. La industrialización como proceso es un instrumento válido sólo en un determinado modelo social.

Esta última observación parece incongruente con los aumentos de productividad del trabajo que implica el uso del capital, que parecen concederle a la industrialización el derecho a considerarse una herramienta autónoma, universal, beneficiosa por ella misma. Veremos como esa mayor productividad del trabajo, a partir de cierto punto no es a cambio de nada, no es gratuita. Descubriremos lo que la introducción de maquinaria —una vieja discusión de la economía clásica— supone para conseguir ese aumento de productividad y a lo que, aún hoy, tendemos mayoritariamente a permanecer ciegos.

Veremos como el control del coste, de la calidad y de los plazos —el objetivo que se halla tras el clamor por la introducción de la industrialización en la producción de edificios— requiere un ejercicio de consideración de costes, de percepción del tiempo y de definición de calidad muy restrictivos y, finalmente, socialmente inaceptables en cuanto se hacen evidentes esas restricciones.

Y es que la industrialización, como proceso, sólo puede producirse y mantenerse mediante un aumento continuado de la demanda. Y responder a ese aumento continuado de la demanda exige unas características del entorno que deben ser contrastadas con la exigencia de sostenibilidad. Una exigencia muy actual cuyo surgimiento, como veremos, no es ajeno al proceso de industrialización y a su globalización.

Sostenibilidad

El crecimiento continuado de la demanda que exige el proceso de industrialización —gobernado por la necesidad de reproducción del capital como el factor que controla el proceso productivo— precisa de una base material que lo subvencione, que lo haga posible, que lo mantenga.

Las sociedades pre-industriales eran sociedades orgánicas, eso es, que obtenían sus recursos mayoritariamente mediante la gestión del medio biosférico. La biosfera es capaz de transformar la energía solar en ma-

But the social productivity of the biosphere is determined by three limiting factors. The first is the capacity of the culture that exploits the environment to recognise the benefits of extracting the resources offered by the biosphere: the poorer a culture is, the less capable it is of recognising the range of resources offered by the environment and the greater its need to alter them—through labour—in order to produce materials whose usefulness to society it is capable of recognising. But the second factor—even if the culture in question is capable of maximising the biosphere’s potential productivity—is that it is nevertheless limited by its capacity to exploit sunlight and other available sources of energy to create those materials: evolution has led to enormous sophistication in the way local resources are used but the return is still limited.

The third and final factor is that the quantity of solar radiation obtained from the biosphere—the key source of energy—is equally limited. These three limiting factors determine the productivity of traditional societies and, consequently, the capacity to industrialise their production processes.

Since industrialisation is the result of increased demand in a capital-based production process, the inability to sustain the continuous growth of demand due to the environment’s lack of a material base to respond to it—as in the case of organic societies—limits both the reproduction of capital and its natural development in the form of continuous industrialisation. As Adam Smith himself recognised, when all the available land was worked with the best technology available, when all the commercial and trading possibilities with the outside world—as a form of maximising the productivity of the biosphere—had been exploited, a region or nation could no longer expect its capital to grow or its productivity to improve.

An organic society can accommodate a very high level of industrialisation—understood as the complete activity of the capital in the production process—in specific productions, although very probably with reduced forms of capital, but it cannot support industrialisation understood as a process—as the continuous improvement of capital’s productivity—due to the limitations in managing the organic environment and producing the resources required to sustain it.

Industrialisation had to wait until it was possible to transform the energy contained in fossil fuels into useful labour for accessing a source of practically inexhaustible resources: the mineral world. Naturally, the use of mineral resources was and remains widespread in organic societies, but usually in small quantities and with transformation processes more or less limited to cutting stones. Apart from quarrying, the history of mining and the transformation of metals in organic societies—used for a very specific and sophisticated range of products, basically weapons and luxury items—is the history of clearing vast forests to obtain the fuel required to process them.

The use of coal made it possible to access and extract vast deposits of iron and other minerals and then refine and transform them into metals with sufficient purity to be employed for social purposes hitherto addressed by the use of organic resources. This transformation even extended to the way in which the biosphere was managed, as the fertilisers obtained thanks to new sources of energy dramatically increased organic productivity. This laid the necessary foundations for the progress of industrialisation: one source of resources was no longer limited by the capacity to harness the benefits from the earth’s surface, the productivity of the biosphere or the culture’s ability to access it.

The evolution from an organic-based traditional society to a mineral-based industrial society transformed the world into a non-stoppable process known, aptly enough, as the industrial revolution, which in turn multiplied the population and per capita consumption to limits undreamed of by traditional societies. However, the technological change that generated this now global industrialisation was underpinned by a transformation of the environment on a scale that we are only just beginning to recognise.

For purposes of survival, the organic technological system of traditional societies had to maintain the biospheric productivity of the land it exploited. In each productive cycle, the environment had to recover—or if possible, increase—its capacity to generate resources without suffering any degradation. The essential problem was maintaining the fertility of the land, which meant putting back the nutrients that the production process had extracted from it. In fact, the consumer waste of organic societies had to be ploughed back into the environment, in one way or another, so that its resources—with the help of solar energy—could be replenished.

teriales que aportan utilidad para satisfacer las necesidades del hombre, como por ejemplo la madera y otras fibras vegetales de las cuales es posible obtener desde energía hasta materiales para usos muy diversos.

De hecho, cualquier cultura tradicional puede ser entendida como la transformación del medio orgánico circundante para obtener una productividad en materiales organizados –en utilidades– que permiten la reproducción de la sociedad que lo gestiona. La complejidad técnica de esa transformación y sus múltiples expresiones locales, así como del tejido social que las mantiene, es enorme y configura el inabarcable patrimonio tradicional de la Humanidad.

Pero la productividad social de la biosfera está determinada por tres factores limitantes. En primer lugar por la capacidad de la cultura explotadora del medio en el reconocimiento de la extracción de utilidad de los recursos ofrecidos por la biosfera: tanto más pobre es una cultura cuanto menos reconoce la gama de recursos ofrecida por el medio y mayor necesidad tiene de alterarlo –a base de trabajo– para producir aquéllos materiales sobre los cuales es capaz de reconocer utilidades socialmente aprovechables. Pero, en segundo lugar –y aunque la cultura fuese capaz de extraer el máximo partido de la productividad biosférica– ésta está limitada por su capacidad de aprovechar la luz solar y otras fuentes energéticas disponibles para conformar esos materiales: la evolución ha dado lugar a una enorme sofisticación en el aprovechamiento de los recursos locales, pero aún así su rendimiento es limitado.

Y, en tercer y definitivo lugar, porque la cantidad de radiación solar incidente sobre la biosfera –la fuente energética determinante– es asimismo limitada. Esos tres factores limitantes determinan la productividad de las sociedades tradicionales y, con ella, las posibilidades de industrializar sus procesos productivos.

Al ser la industrialización el resultado de un incremento de la demanda en un proceso productivo gobernado por el capital, la imposibilidad de un crecimiento continuado de la demanda por falta de base material del medio para responder a ella –como es el caso de las sociedades orgánicas– limita tanto la reproducción del capital como su natural desarrollo en forma de una industrialización continua. Como el mismo Adam Smith reconocía, cuando todas las tierras disponibles estaban trabajadas con la mejor técnica disponible, cuando todas las posibilidades comerciales y de intercambio con el exterior –una forma de maximizar la producción biosférica– se habían explotado, una región o nación ya no podía esperar una expansión de su capital ni una mejora de su productividad.

Una sociedad de base orgánica puede asumir un nivel de industrialización –entendido como la completa actividad del capital en el proceso productivo– muy elevado en algunas producciones concretas, aunque muy probablemente con formas de capital reducidas, pero no puede soportar la industrialización entendida como proceso –como continuada mejora de la productividad del capital– debido a la limitación en la gestión del medio orgánico para producir los recursos precisos para sostenerla.

La industrialización tuvo que esperar a que fuese posible transformar la energía contenida en los combustibles fósiles en trabajo útil para acceder a una fuente de recursos prácticamente inagotable: el mundo mineral. Naturalmente, el uso de recursos minerales era y es generalizado en las sociedades orgánicas, pero habitualmente lo es en cantidades reducidas y con procesos de transformación muy limitados más allá de la talla de piedras. Aparte de la cantería, la historia de la minería y la transformación de los metales en las sociedades de base orgánica –destinados a una gama productos muy concretos y sofisticados, básicamente armamento y objetos de lujo– es la historia de la deforestación de amplias zonas para obtener el combustible preciso para procesarlos.

Con el uso del carbón fue posible acceder a los enormes depósitos de hierro y de otros minerales, extraerlos y depurarlos para transformarlos en metales con la suficiente ley para proveer utilidades sociales hasta entonces satisfechas con el uso de recursos orgánicos. Incluso se transformó la gestión de la biosfera mediante el uso de fertilizantes obtenidos gracias a la nueva potencia disponible, y se aumentó extraordinariamente la productividad orgánica. Con ello se establecieron las bases necesarias para que el proceso de industrialización avanzase: una fuente de recursos que ya no estaba limitada por la capacidad de captación de la superficie terrestre, la productividad de la biosfera o la capacidad cultural de acceder a ella.

El cambio de una sociedad tradicional de base orgánica a una sociedad industrial de base mineral ha transformado el mundo en un proceso imparable llamado –apropiadamente– revolución industrial, que ha multiplicado paralelamente la población y el consumo per cápita hasta límites inimaginables para las

The use of more or less complex closed material cycles guaranteed the reproduction of the system, with the biosphere acting as a sinkhole for waste—or disorganised materials—from which, with solar energy, resources—or organised materials—were reproduced in a productive cycle intended to be repeated ad infinitum. Consequently, in organic-based traditional societies the productive value of waste was a key factor.

By contrast, in the mineral-based industrial society obtaining resources was a completely separate issue from waste: waste has no positive impact on the productivity of the technological system, which means that it is of no use and therefore of no value. Thus, the waste derived from manufacturing and consumption is material that must be removed as quickly as possible from the production and social environment to prevent the inconvenience and inefficiency caused by its accumulation.

And yet every material that enters the industrial production process as a resource ends up as waste, derived either from manufacturing or consumption. This means that industrialisation as a process ends up generating a linear metabolism—as opposed to the circular model of organic technological systems—and therefore becomes a machine pumping out materials from the lithosphere to the rest of the planet.

Accordingly, gaseous waste is expelled from chimneys and scattered by the wind into the atmosphere; soluble waste or waste that can be carried along by water ends up in the hydrosphere; and solids are deposited on the surface of the earth or, in the best of cases, buried beneath it.

This continuous dumping of waste—part and parcel of the industrial production model—grows at the same rate as production grows to meet a demand whose own growth in turn feeds the industrialisation process. Increased demand—industrialisation—increases the amount of resources pumped into the process and the amount of waste pumped out of it. And although the lithosphere is still capable of supplying the resources to feed industrialisation, waste has become an ever-more evident and global problem, to the extent where it is now much more than an inconvenient sub-product or avoidable side effect. Regarding the elevation of the problem of waste to the status of category in the industrial process, there is a highly illuminating anecdote.

In the mid-19th century a South American dignitary very pertinently pondered the source of industrial productivity when he speculated on how it was possible that the British could keep the wool from local sheep—since they could pay a higher price than anyone else in the source market—ship it off to England for spinning and weaving, and then end up buying British wool coats in the local South American markets because they were by far the cheapest. Where is the trick?, he wondered.

Any economist would immediately answer the question by arguing that the British were able to supply the best offer because British workers were more productive than the local labour, which meant that they could pay a better price for the wool and absorb the shipping costs to England and the return freight of the manufactured coats. Productivity was based on British industry, in turn based on machinery as opposed to the primitive manufacturing methods of the local market.

The argument is flawless and even today still forms part of the universal discourse of economic policy, which upholds productivity as the cornerstone of competitiveness but fails to consider the ultimate root from which that productivity springs. British industry was able to obtain productivity from its workers thanks to an advanced production system based on machinery, machinery that ran on fossil fuels and therefore relied—in the final instance—on the systematic pumping of carbon from the lithosphere—in the coal that fed the machines—into the atmosphere in the form of carbon dioxide produced during combustion, causing damage in the form of climate change, which everyone finally recognises now but which originated quite a long time ago. Consequently, this pumping of carbon entails costs that were not included in the price of the British coats, and yet someone has paid, is still paying and will continue to pay those costs in the future.

These costs not included in the price of coats but are paid by third parties are called “externalities” in economic jargon, and constitute the real basis of productivity in the industrial technological system.

The damage caused by the waste generated through industrial processes are substantial and come with a high price, but they are never included in the costs. Climate change—essentially generated by the use of fossil fuels to feed mechanised industrial production and consumption processes—is the

sociedades tradicionales. Pero el cambio técnico que ha generado esta industrialización ahora globalizada se soporta en una transformación del medio cuya real dimensión no ha sido percibida hasta la actualidad.

El sistema técnico orgánico propio de las sociedades tradicionales debía mantener —como condición indispensable para su supervivencia— la productividad biosférica del territorio que explotaba. En cada ciclo productivo, el medio debía recuperar —o incluso, si era posible, aumentar— su capacidad de generar recursos, sin degradarse. Y el problema esencial era el mantenimiento de la fertilidad, lo que obligaba a devolver al suelo los nutrientes que el proceso de producción había extraído de él. De hecho, los residuos del consumo en las sociedades orgánicas deben ser devueltos —de una forma u otra— al medio para que éste sea capaz de renovar —con la ayuda de la energía solar— los recursos.

El funcionamiento mediante ciclos materiales cerrados —más o menos complejos— garantizaba la reproducción del sistema, de forma que la biosfera actuaba como sumidero de residuos —de materiales desorganizados— a partir de los cuales, y con la energía solar, reproducía los recursos —materiales organizados— en un ciclo productivo que debía repetirse indefinidamente. Así, en las sociedades tradicionales de base orgánica, el valor productivo de los residuos era determinante.

En cambio, en la sociedad industrial de base mineral la obtención de los recursos es absolutamente independiente de los residuos: el residuo no tiene ninguna función positiva sobre la productividad del sistema técnico, con lo que no tienen utilidad alguna ni, por tanto, valor. Los residuos de producción y consumo se convierten así en materiales que deben alejarse lo antes posible del medio productivo y social para evitar las molestias e ineficiencias que su acumulación produce.

Pero todo material que entra como recurso en el proceso productivo industrial acaba convertido en residuo, ya sea de producción o de consumo. Con ello, la industrialización como proceso acaba generando un metabolismo lineal —frente al modelo circular de los sistemas técnicos orgánicos— que la convierte en una máquina de bombear materiales desde la litosfera hacia el resto del planeta.

Así, los residuos gaseosos son expulsados por las chimeneas para ser diseminados por el viento en la atmósfera, los residuos solubles o susceptibles de ser arrastrados por el agua acaban en la hidrosfera y los sólidos se abandonan en la superficie o, en el mejor de los casos, se entierran.

Ese vertido continuado de residuos —consustancial, pues, al modelo de producción industrial— no hace sino crecer a medida que crece la producción para satisfacer una demanda cuyo crecimiento, a su vez, alimenta el proceso de industrialización. El aumento de la demanda —la industrialización— aumenta el bombeo de recursos y, con él, el bombeo de residuos. Y mientras la litosfera continúa aún aportando los recursos precisos para alimentar la industrialización, hace tiempo que el problema de los residuos se ha ido haciendo evidente y global, hasta mostrarse como algo más importante que un subproducto molesto o un evitable efecto secundario. Una anécdota resulta clarificadora en este sentido, para elevar el problema del residuo al ámbito de categoría en el proceso industrial.

A mediados del siglo diecinueve, un prócer sudamericano se preguntaba atinadamente sobre el origen de la productividad industrial, cuando inquiría cómo era posible que los británicos se quedasen la lana de los rebaños locales —porque la pagaban mejor que nadie en los mercados de origen— se la llevasen a hilar y tejer a Inglaterra y, finalmente, aquí tuviesen que comprar los abrigos de lana británicos —de nuevo en los mercados locales— porque eran indiscutiblemente los más baratos. ¿Dónde está el truco? se preguntaba nuestro hombre.

Cualquier economista puede fácilmente responder a la pregunta argumentando que la mejor oferta británica se basaba en la mayor productividad del obrero británico frente al obrero local, lo que le permitía pagar mejor la lana y absorber los costes de su transporte a Inglaterra y del posterior envío de los abrigos fabricados. Productividad que se apoyaba en la industria británica, una industria basada en la maquinaria frente a la primitiva manufactura local.

Argumentación impecable y que aún hoy forma parte del discurso de la política económica de cualquier ámbito, que hace de la productividad la base de su competitividad, pero que no considera la raíz última de esa productividad. La industria británica obtenía la productividad de sus obreros merced a un sistema productivo avanzado basado en la maquinaria, maquinaria movida por los combustibles fósiles y por tanto —y en última instancia— por el bombeo sistemático de carbono desde la litosfera —en el carbón que alimenta la máquina— hacia la atmósfera —en forma del CO2 producto de la combustión,

most hazardous consequence and the one that will give rise to the most immediate costs, and social changes, but it is only the first of a long list that includes water and soil pollution, the destruction of biodiversity, and also something which in the not too distant future we will come to recognise as the most devastating loss: the destruction of traditional methods and their manifestation on the land.

The competitiveness of the industrial system is underpinned by the systematic destruction of the environment through the consumption of resources at a non-renewable rate and the accompanying generation of waste. This destruction is not recorded in economic terms and is therefore not factored into production costs, but it means that industrial products soon transcend the initial—and real—production advantages gained by the intensive use of capital and make unbridled pollution the cornerstone of their competitiveness.

Compared with organic production obliged to replenish the sources of its resources, externalising the costs of that replenishment offered an enormous competitive advantage that allowed—and continues to allow—the industrial system to outperform any traditional technological system, in any field of production and anywhere on the planet. Moreover, the disappearance of traditional, organic-based technological systems to make way for industrialisation not only implies consigning sustainable technological processes to oblivion and the cultures that support them but also represents the destruction of the land, often transformed by the labour of whole generations to increase its organic productivity.

The real costs of industrialised products are therefore much higher than the prices expressed in the markets, and the cost control associated with industrialisation is based on an opportunist consideration of those costs. Such is the extent of this that one might even suspect that technological progress—the much-praised mechanism that permits new ways of organising production to satisfy demand—is often little more than a mechanism for generating new externalities, for increasing the system's productivity by making it more and more polluting.

Beyond a certain point, the industrialisation of a process may mean nothing more than increasing the total costs of that process in exchange for cutting the recognised cost and externalising everything else, exploiting society's lack of control over those costs.

And not only the costs: the control over production times that supposedly goes hand in hand with the advent of industrialisation is equally corrupted by the generic issue of industrial waste. The linear metabolism inherent to industrial production gives rise to processes with very long-term effects, both on the regeneration of resources and the reinstatement of processes altered by waste emissions. The real production time of industrial processes—which includes all of the effects, not just the time it takes to generate the useful products—is enormous and impossible to control. The industrialisation of a process means increasing the production time of its effects, and simultaneously increasing the lack of control over them.

In fact, industrial production processes are understood selectively, in that the only things recognised as products of those processes are the material results that society can put to use. None of the other effects are recognised as such—they are simply ignored—even if they are inherent to the industrial process and the generation of its useful products.

Similarly, quality—the third determining element which industrialisation supposedly controls—is defined through the recognition as such of the particularities of the industrial process.

Organic-based production systems—and indeed industrial systems—are continuously stretched by the social demand for more and more commodities and required to increase their capacity to satisfy needs. Limited by the productive capacity of the environment, the productive capacity of each resource can only be increased by exploiting the specific characteristics of their local manifestation, which means that, on very different scales, the technical configurations and ways of satisfying social needs inherent to traditional technological systems vary greatly from one culture to another. These differences generate local particularities that are often manifested in the capacity to adapt to the organic environment they exploit.

To a large extent, the lack of uniformity in addressing and meeting needs and in the products that satisfy them, coupled with the cultural diversity of traditional societies, is merely the consequence of the efficiency in how limited local resources are used.

generando unos daños en forma de cambio climático de los que ahora somos conscientes pero que hace tiempo que se empezaron a producir. Ese bombeo de carbono tiene pues unos costes que no se incluían en el precio de los abrigos británicos, y que alguien ha pagado, está pagando y va a tener que seguir pagando en el futuro.

Esos costes no incluidos en el precio de los productos y que pagan terceros, se llaman externalidades en la jerga económica, y son la base real de la productividad del sistema técnico industrial.

Los daños causados por los residuos emitidos por los procesos industriales son cuantiosos y costosos, y nunca incluidos en los costes. El cambio climático, generado esencialmente por el uso de combustibles fósiles para alimentar los procesos industriales mecanizados de producción y consumo, es el más amenazador y el que va a provocar costes —y cambios sociales— más inmediatos, pero sólo es el primero de una larga serie que incluye la contaminación de las aguas, de los suelos, la destrucción de la biodiversidad, y también —y en un futuro no muy lejano lo valoraremos como la peor pérdida— la destrucción de los sistemas técnicos tradicionales y de su expresión sobre el territorio.

La competitividad del sistema industrial se basa en la destrucción sistemática del medio producida por el consumo de recursos a ritmos no renovables y por la obligada generación de residuos. Esa destrucción no es contabilizada económicamente y, por tanto, no se tiene en consideración en los costes de su producción. Con ello, los productos industriales trascienden pronto las iniciales —y reales— ventajas productivas que pueda suponer el aprovechamiento intensivo del capital, para apoyar su competitividad en la libre contaminación.

Frente a una producción orgánica obligada a recomponer las fuentes de sus recursos, externalizar los costes de esa recomposición supone una ventaja competitiva enorme que permitió —y permite— al sistema industrial imponerse frente a cualquier sistema técnico tradicional, en cualquier campo productivo y en cualquier lugar del planeta. Y la desaparición de los sistemas técnicos tradicionales de base orgánica frente al avance de la industrialización implica tanto el olvido de procesos técnicos sostenibilistas, como de las culturas que los sostienen y de la destrucción del territorio, a menudo transformado por el trabajo de generaciones enteras para aumentar su productividad orgánica.

Los costes reales de los productos industrializados distan mucho, pues, de ser los precios que se expresan en los mercados, y el control de costes que la industrialización aporta se basa en una consideración ventajista de esos costes. Hasta el punto que cabe sospechar que el avance tecnológico —el alabado mecanismo que permite la articulación de nuevas formas de organizar la producción para satisfacer la demanda— quizá en muchas ocasiones no sea sino poco más que un mecanismo generador de nuevas externalidades, aumentando la productividad del sistema a base de hacerlo más y más contaminador.

Industrializar un proceso puede no significar quizá más —a partir de cierto punto— que aumentar sus costes totales a cambio de reducir el coste reconocido y de externalizar el resto, aprovechando el descontrol social sobre esos costes.

Y no sólo el coste, sino que el control de los tiempos de producción que se pretende tener con el imperio de la industrialización está también dopado por la genérica emisión de residuos del proceso de industrialización. El metabolismo lineal propio de la producción industrial abre procesos cuyos resultados tienen efectos a muy largo plazo, tanto en la regeneración de los recursos como en la restauración de los procesos alterados por la emisión de residuos. El tiempo real de los procesos productivos industriales —el que considera todos sus efectos y no sólo el de la generación de sus productos útiles— es enorme y absolutamente fuera de cualquier control. Industrializar un proceso significa aumentar el tiempo de producción de sus efectos, aumentando paralelamente el descontrol sobre ellos.

De hecho, los procesos productivos industriales se entienden selectivamente, por cuanto se reconocen como productos de esos procesos tan sólo los resultados materiales sobre los cuales se asienta alguna utilidad socialmente aprovechable, mientras el resto de efectos no son reconocidos como tales —son ignorados— aún cuando son inherentes al propio proceso industrial y a la generación de sus productos útiles.

Igualmente, la calidad —el tercer elemento determinante cuyo control se pretende obtener con la industrialización— se define a través del reconocimiento como tal de las particularidades del proceso industrial.

By contrast, in a mineral-based industrial technological system the uniformity in how the needs of a growing social group are satisfied merely reflects a way of increasing demand and, therefore, of feeding the industrial process. In the goal to maintain growth, this spatial increase of demand goes hand in hand with a reduction of time based on the obsolescence of the product to ensure its prompt replacement.

Quality—in other words, attaining the requisite characteristics demanded of the end product—should therefore be regarded as satisfying a need that is continuously redefined and accepted on an ever-increasing territorial scale.

Normalisation—the definition and standardisation of quality—is the key instrument in the implementation of industry quality as it permits the categorical definition of market demands, and in wider and wider geographic areas.

And a given industrial process will be better the more its products meet a predetermined quality standard. Production to satisfy the needs demanded of the end product—or effectiveness—becomes efficiency when it is justified within the competitive context of the market, which selects those who produce that quality for the lowest cost. A cost which, as we have seen, is corrupted by the externalities of the industrial process.

One of the recognised “virtues” of the industrial production system is its capacity to innovate; in other words, to continuously improve product characteristics and increase quality. Supported by a society that identifies quality with progress, this continuous improvement is usually based on the increased use of resources and the generation of production waste. Moreover, the continuous increase of quality has habitually been used as a means of eliminating the competitiveness of traditional production systems or older industrial production systems through the continuous improvement of product characteristics—often non-objective functional characteristics, as in the case of fashion—which reinforces demand by rendering obsolete products that satisfy old specifications and thus feeding the industrial process.

Consequently, above and beyond the aforementioned concealment of the real costs of the industrial process, the efficiency regarded as implicit to industrial quality is also adulterated by quality understood as a dynamic element that is constantly being redefined and, therefore, is a compulsive consumer of resources.

In this respect, the use of traditional—pre-industrial—building materials is a determining factor: those that have survived, such as ceramics and wood, have done so by standardising their properties, more often than not based on using more resources and generating more waste to obtain them. And those that have failed to survive, such as the earth, have ultimately fallen by the wayside due to their incapacity to undergo industrial standardisation. Globalisation gains markets through standardisation, and quality procedures and industrial standards must be interpreted as the instruments of that standardisation.

The concept of industrial quality, as something that renders uniformity and is liable to change over time—is merely an instrument of the expansion of its production model, and radically inefficient in its generation of obsolescence and use of a support in which the costs recorded do not reflect the products of the process that have no material use.

Conclusion

The control over costs, time and quality that we want for the sector will never be provided by industrialisation, unless we keep on closing our eyes and accepting the costs, time frames and quality generated by the main product of the industrial model: the impact on the environment caused by its waste.

In fact, the demand for sustainability requires us to re-address those costs, time frames and quality provided by the industrial production model, to adopt a technological system that does not externalise its costs, that controls the time frames of every process involved in the chain, and that is underpinned by a vision of quality that regards efficiency in the use of resources from the perspective of future availability and, consequently, with a view to maintaining the quality of the environment.

Los sistemas productivos de base orgánica están —como los industriales— continuamente tensados por la demanda social de mayores utilidades, de aumentar su capacidad de satisfacer necesidades. Limitados por la capacidad productiva del medio, el aumento de la capacidad productiva de cada recurso obliga a explotar las particulares características que presenta la expresión local de cada uno de ellos, con lo que los sistemas técnicos tradicionales muestran —a muy diferentes escalas— configuraciones técnicas y formas de satisfacer necesidades sociales muy diferentes entre unas culturas y otras, diferencias generadoras de particularidades locales que a menudo son expresión de la misma capacidad adaptativa al medio orgánico que explotan.

La falta de homogeneidad en el planteamiento y la resolución de sus necesidades y en los productos que las satisfacen, la diversidad cultural propia de las sociedades tradicionales, en gran parte no es sino la consecuencia de la eficiencia en el aprovechamiento de unos recursos locales limitados.

En un sistema técnico industrial de base mineral —por el contrario— la homogeneidad en la forma de satisfacer las necesidades de un grupo social cada vez más amplio, no es sino una forma de aumentar la demanda y, con ello, de alimentar el proceso industrial. Aumento espacial de la demanda que se acuerda perfectamente —en el objetivo de mantener su crecimiento— con una disminución temporal basada en la obsolescencia del producto para renovarlo lo más rápidamente.

La calidad —eso es, la consecución de las características precisas demandada al producto final— debe plantearse entonces sobre la satisfacción de una necesidad continuamente redefinida y aceptada a una escala territorial cada vez mayor.

El proceso de normalización —de definición y homogeneización de la calidad— es el instrumento clave en el proceso de implantación de la calidad industrial puesto que permite definir de forma excluyente las exigencias del mercado y hacerlo en ámbitos geográficos cada vez mayores.

Y un proceso industrial determinado será tanto mejor cuanto más ajuste sus productos a una calidad determinada. Este producir para la obtención de un ajuste a las necesidades que tiene que presentar el producto final —esa eficacia— se transforma en eficiencia cuando se justifica en el marco competitivo del mercado, que selecciona a los que producen esa calidad con el mínimo coste. Un coste que —ya sabemos— está ‘dopado’ por las externalidades del proceso industrial.

Una de las ‘virtudes’ reconocidas del sistema de producción industrial es su capacidad de innovación, eso es, de mejorar continuamente las prestaciones de sus productos, de aumentar su calidad. Un aumento continuado de la calidad que, apoyado por una lectura socialmente positiva que la identifica con el progreso, se basa habitualmente en el aumento del consumo de recursos y generación de residuos para producirlo. Un aumento continuado de la calidad que ha sido usado habitualmente como sistema para eliminar la competencia de los sistemas productivos tradicionales o de los sistemas productivos industriales más antiguos, mediante el continuado aumento de prestaciones de los productos —a menudo prestaciones funcionalmente no objetivas, como sucede con la moda— lo que profundiza la demanda al hacer obsoletos los productos que satisfacen las antiguas calidades, alimentando así el proceso industrial.

Así, más allá de la ya comentada ocultación de los costes del proceso industrial, la eficiencia considerada implícita en la calidad industrial está también adulterada por entenderse la calidad como un elemento dinámico, en continua redefinición, y —con ello— consumidor compulsivo de recursos.

El ejemplo de los materiales tradicionales —preindustriales— de construcción es, en este sentido, determinante: los que han conseguido sobrevivir —la cerámica o la madera, por ejemplo— lo han hecho mediante procesos de homogeneización de sus calidades que se han basado, generalmente, en el uso de más recursos y la generación de más residuos para obtenerlas. Y los que no han sobrevivido —como la tierra— ha sido en definitiva por su incapacidad de sufrir un proceso de homogeneización industrial. La globalización suma mercados a través de la homogeneización, y las normas de calidad y estándares industriales deben interpretarse como los instrumentos de esa homogeneización.

El concepto de calidad industrial —homogeneizador y cambiante— no es sino un instrumento de la expansión de su modelo productivo, y radicalmente ineficiente a causa de la generación de obsolescencia y a su soporte en una contabilidad de costes que no considera los productos del proceso que no aportan utilidad.

Since the industrial technological system does not recognise—in its own production dynamics—the need to avoid the systematic destruction of waste and the degradation of the environment that this entails, society must establish the limits to restrict this scourge, because pollution has become the main axis for guaranteeing its advantages. Society must also extend these limits to the construction sector, understood as both producing and meeting the social need for living space. The capacity of the construction sector to generate waste in its provision of the living space demanded by society must be gradually curtailed.

Identifying, publicising and gradually and systematically reducing the environmental impacts generated by the technological processes involved in producing and maintaining the living spaces demanded by society are activities that should concern everyone involved in the sector—companies, professionals, governments, researchers, etc.—and should be embraced as the principal challenge for shaping its future.

In an environment like Europe, where restrictions on greenhouse gas and other emissions have already been established and there are fewer and fewer options for the indiscriminate use of water as a vector for removing and scattering waste, the real challenge is defining competitiveness within the framework of systematically and progressively restricting pollution.

This challenge should readdress the definition of habitability on the basis of specifications that are calibrated with the resources and environmental impacts necessary to provide them and, therefore, reconsider them in the light of the sector's entire structure, from its purposes and regulations to technical codes and professional training, etc.

Sustainability is a huge, crucial and very necessary challenge, a socially transforming challenge with a technical component—closing material cycles in the technological processes employed to satisfy social needs—that is at the root of the problem. It is a challenge still addressed with instruments—conceptual, operative—from a past that needs to be overcome, which means that each and every one of those instruments must be evaluated and redesigned.

This includes, for example, our traditional support for industrialisation in building. The unthinking, unending and—worse still—unnecessary clamour for the industrialisation of the sector, as described at the beginning of this text, is unfortunately at odds with sustainability, as we have just seen. In fact, it adopts completely the opposite stance. What we architects must do, once and for all, is to open our eyes to this—and to many other issues—and recognise the real challenges facing us.

Conclusión

El control de costes, tiempo y calidad que pretendemos para el sector no va a ser provisto por la industrialización, a menos que sigamos cerrando los ojos y aceptando los costes, plazos y calidad que genera el principal producto del modelo industrial: la afectación al medio ocasionada por sus residuos.

La demanda de sostenibilidad nos exige, en realidad, el replanteamiento de ese coste, plazo y calidad aportados por el modelo productivo industrial. El replanteamiento hacia un sistema técnico que no externalice sus costes, que tenga control de los tiempos de todos los procesos que desencadena, y que se soporte sobre una visión de la calidad que considere la eficiencia en el uso de recursos con vistas a su disponibilidad futura y, en consecuencia, al mantenimiento de la calidad del medio.

Dado que el sistema técnico industrial no reconoce —en su propia dinámica productiva— la necesidad de evitar la generación sistemática de residuos y la degradación del medio que eso conlleva, es preciso establecer una limitación social a esa lacra en tanto la contaminación se ha acabado convirtiendo en el eje principal que soporta sus ventajas. Y esa limitación social debe establecerse también sobre el sector de la edificación, entendido como el productor y mantenedor de la satisfacción de la necesidad social de habitabilidad. El sector de la edificación debe ser progresivamente limitado en su capacidad de generar residuos para proveer la habitabilidad socialmente necesaria.

Identificar, hacer públicos y reducir progresiva y sistemáticamente los impactos ambientales generados por los procesos técnicos implicados en la producción y mantenimiento de la habitabilidad socialmente necesaria, es la actividad que debe preocuparnos desde todos los estamentos implicados en el sector —empresas, profesionales, administración, investigadores, etc.— como el principal reto orientador de la evolución de su futuro.

En un entorno como el europeo, en el que —entre otras— ya están establecidas limitaciones a las emisiones de gases de efecto invernadero y se están cerrando las opciones para el uso indiscriminado del agua como vector de alejamiento y dispersión de residuos, el auténtico reto del sector es definir su competitividad en el marco de unas restricciones sistemáticas y progresivas a la contaminación.

Un reto que debe reconsiderar la misma definición de habitabilidad desde unas calidades que deben estar calibradas con los recursos y los impactos ambientales necesarios para proveerlas y, por tanto, reconsiderar con ellas toda la estructura de finalidades del sector, las normativas, las prescripciones técnicas, la formación de los técnicos, etc.

La sostenibilidad es un reto tan inmenso y decisivo como insoslayable. Un reto socialmente transformador con una componente técnica —cerrar los ciclos materiales en los procesos técnicos de obtención de satisfacción de las necesidades sociales— que está en la raíz del problema. De un reto abordado aún con instrumentos —conceptuales, operativos— de un pasado que se debe superar, por lo que cada uno de ellos debe ser evaluado y replanteado.

Como, por ejemplo, nuestro tradicional apoyo a la industrialización de la edificación. El inconsciente, perenne y —peor aún— innecesario clamor por la industrialización del sector con el que iniciábamos este texto, que no va desgraciadamente en la línea de la sostenibilidad sino —como se ha tratado de demostrar— justamente en el camino inverso. Los arquitectos debemos finalmente desvelarnos de esa cueva —y de muchas otras— y entender cuáles son los verdaderos retos a los que debemos enfrentarnos.

Albert Cuchí arquitecto (ETSAB, 1983) y profesor titular de universidad del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I en la Escuela de Arquitectura del Vallès de la Universidad Politécnica de Cataluña UPC, se dirige a la investigación en las relaciones entre la arquitectura y la exigencia de sostenibilidad, tanto en la generación de esta nueva visión sobre el campo de trabajo del arquitecto como en la generación de instrumentos que permitan aplicarla. Es coordinador del Máster Universitario de Intervención Sostenible en el Medio Construido de la UPC, y es profesor en el Máster Universitario Arquitectura, Energía y Medio Ambiente, así como en el Máster Universitario en Ciencias y Tecnología de la Sostenibilidad, ambos de la UPC. Es miembro de la agrupación 'Arquitectura i Sostenibilitat' del Colegio de Arquitectos de Cataluña, y miembro fundador de GBC España (Capítol español del World Green Building Council), y también del Grupo de Trabajo para la Rehabilitación GTR.