

Tejiendo Ciudades: Innovación y Sostenibilidad en el Diseño de Mobiliario Urbano con Impresión 3D

Eduardo R. García Yzaguirre ⁽¹⁾

Resumen: El mobiliario urbano trasciende lo utilitario para encarnar una poética material de la simbiosis humano-entorno. La impresión 3D, al esculpir concreto y compuestos reciclados en geometrías algorítmicas, permite cuestionar y superar paradigmas de diseño tradicionales, basados en cánones que han resultado inadecuados para abordar los retos de sostenibilidad y adaptabilidad de la era actual. De este modo, se erigen estructuras adaptativas que integran resistencia estructural y metabolismo circular. Esta revolución aditiva –precisa y sostenible– no solo minimiza residuos mediante fabricación in situ, sino que redefine el paisaje como un organismo vivo. La incorporación de estas innovaciones en la academia forma profesionales que trabajan a partir de técnicas híbridas, combinando la ciencia de materiales y el modelado BIM, y capaces de tejer ciudades alineadas con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) y la ética de la cuarta revolución industrial, donde cada banco o puente se erige como un manifiesto técnico-filosófico de nuestro tiempo.

Palabras clave: Diseño urbano - Modelado BIM - Ciudad contemporánea - Impresión 3D

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 167-168]

⁽¹⁾ **Eduardo Roberto García Yzaguirre**, es arquitecto de la Universidad de Palermo, con estudios de posgrado en planificación urbana sostenible, Dirección y Gestión de proyectos con BIM, Gestión Pública y Arquitectura, Urbanismo y Desarrollo Territorial Sostenible. Las principales áreas de interés se encuentran inmersos en las disciplinas de la investigación, docente y ejercicio profesional de la arquitectura con un enfoque de cuarta generación.

Introducción

La revolución aditiva –encarnada en la impresión tridimensional– ha reconfigurado los cánones tectónicos del mobiliario urbano: geometrías antes inalcanzables, sintetizadas mediante polímeros reciclados y composites minerales de alta resistencia, desdibujan los límites estructurales y redefinen la dialéctica entre cuerpo y espacio. Esta tecnología no solo desmaterializa los formalismos heredados, sino que inscribe en sus estratos –mediante algoritmos paramétricos– variables climáticas, flujos peatonales y memorias locales, transmutando bancos, farolas y quioscos en interfaces dinámicas. Así, el mobiliario trasciende su rol utilitario para devenir un palimpsesto tecno- social, donde convergen la ética ambiental, la innovación material y el legado histórico en estructuras que reescriben el paisaje urbano, capa a capa, como un organismo en perpetua simbiosis tecno- ecológica. Esta evolución se despliega en cuatro vectores cardinales:

1. Factores históricos: una genealogía material que traza la transición del hierro fundido a los biomateriales, evidenciando cómo cada época imprime su código en la morfología urbana.
2. Revolución tecnológica: la precisión algorítmica de la fabricación aditiva, optimizada mediante BIM, redefine los procesos constructivos y expande las fronteras de lo posible.
3. Implicaciones sociales y culturales: el mobiliario como artefacto mediador, que no solo organiza conductas, sino que también codifica identidades colectivas en el tejido urbano.
4. Consideraciones ambientales: un metabolismo circular donde sensores embebidos y ciclos de upcycling anticipan un urbanismo de residuo cero, alineado con los principios de la ecología industrial.

Cada vector, un hilo en la urdimbre de la urbe contemporánea, desentraña cómo la técnica no solo construye objetos, sino que teje narrativas de pertenencia, sostenibilidad y memoria en el tapiz líquido de la modernidad.

Factores históricos que influyen en la evolución del mobiliario urbano y su impacto en la interacción humana

Los factores históricos que influyen en la evolución del mobiliario urbano están profundamente ligados a la transformación de las ciudades y su infraestructura. Según Arruda et al (2017) “hay que entender cómo se muestra la sociedad frente a sí misma y al propio mundo que la rodea, y cuáles son los dispositivos que hacen a la ciudad viva cuando se conecta a través de usos y costumbres creadas por las tácticas de los habitantes”. Asimismo, el mobiliario urbano está estrechamente relacionado con el diseño de las ciudades y juega un papel vital en la complementación de los espacios públicos y en la configuración del paisaje urbano.

El mobiliario urbano, en su esencia, trasciende su función utilitaria para convertirse en un testimonio vivo de la evolución humana. Cada banco, farola, fuente o kiosco no solo sirve a la ciudadanía, sino que encarna el espíritu de una época, siendo un espejo en el que se reflejan las aspiraciones, los conflictos y los ideales de una sociedad en constante transformación. Desde las plazas renacentistas, donde la simetría y la proporción dialogaban con el humanismo, hasta los parques contemporáneos, donde la sostenibilidad y la inclusión se entrelazan con la tecnología, el mobiliario urbano ha sido un lienzo en el que la cultura materializa sus sueños. Así, las calles y los espacios públicos no son solo escenarios de la vida cotidiana, sino también poemas escritos en hierro, madera y concreto, versos que narran la historia colectiva y que, al mismo tiempo, invitan a reimaginar el futuro.

Wirdelöv (2020) señala que “los bancos, los contenedores de basura, los recipientes para beber, las fuentes, los soportes para bicicletas, los ceniceros y los bolardos, influyen en nuestras formas de vivir. Pueden animar o retener comportamientos respaldados, apoyar diferentes códigos de conducta, o expresar los valores de una sociedad”. Los diversos tipos de mobiliario establecen códigos implícitos sobre el comportamiento esperado en los espacios públicos, lo que refuerza la idea de que los entornos urbanos están diseñados para facilitar ciertos patrones de interacción humana. Los contenedores de basura y otros elementos del mobiliario urbano se convierten en mediadores de las normas sociales, promoviendo valores como la limpieza, la responsabilidad y el orden. Al analizar estos objetos en su contexto histórico, se observa que los cambios en la cultura urbana modifican el diseño y la funcionalidad de estos elementos, influyendo tanto en la percepción del espacio público como en la forma en que las personas interactúan en él, lo que subraya la interconexión entre los valores culturales y la estructura material de las ciudades.

De acuerdo a Gabrieć et al (2022) “el punto de partida de la historia de los espacios públicos y el mobiliario urbano fue la época de la Revolución Industrial”. La Revolución Industrial es uno de los hitos más importantes, ya que dio lugar a la reorganización del espacio urbano para hacer frente al crecimiento poblacional y la movilidad. Elementos como los bancos, farolas y marquesinas comenzaron a aparecer como parte integral del mobiliario para satisfacer las necesidades emergentes de la vida urbana. En este sentido, la relación entre planificación urbana y política fue crucial para entender el desarrollo de estos elementos a lo largo del tiempo. (Figura 1)

A medida que la tecnología avanzaba, los materiales y diseños de este mobiliario también evolucionaron. Por ejemplo, el hierro fundido comenzó a utilizarse en el siglo XIX, aunque fue en el siglo XX cuando se introdujeron materiales más ligeros y duraderos como el aluminio. Esta evolución ha tenido un impacto directo en la interacción humana, pues el mobiliario urbano se convirtió en una herramienta para fomentar la socialización, creando espacios donde las personas pudieran interactuar. La disposición estratégica de estos elementos facilita la convivencia y mejora la calidad de vida urbana.



Figura 1. Plano del Centro Histórico de Lima.

Nota: El gráfico representa el plano del Centro Histórico de Lima, una ciudad fundada en el año 1535. Elaboración propia, 2025.

Revolución tecnológica y el impacto de la impresión 3D en el mobiliario urbano

La revolución tecnológica, específicamente la impresión 3D, ha transformado profundamente el diseño y la fabricación de mobiliario urbano. Los factores clave que destacan son la flexibilidad de diseño, la reducción de costos y el impacto ambiental. La impresión 3D contribuye significativamente a obtener productos que se ajustan a los diseños requeridos para la producción y faculta la posibilidad de perfeccionar anticipadamente las estructuras

conceptuales, permitiendo que, previo a su realización definitiva, se optimicen cada uno de sus matices, lo cual se traduce en un ahorro invaluable tanto de tiempo como de materiales. La tecnología de modelado por deposición fundida (FDM), una de las más utilizadas, ha demostrado ser eficaz para “crear diseños complejos y únicos” que antes eran imposibles con métodos tradicionales.

La impresión tridimensional ha emergido como un instrumento revolucionario en el ámbito del diseño y la fabricación, al facilitar en “poco tiempo, la posibilidad de cambiar dimensiones, materiales, etc. en el modelo 3D básico, en función de los requisitos, e imprimir una nueva muestra, si es necesario. Con la creación rápida de prototipos, es mucho más fácil controlar la ergonomía, las dimensiones, estabilidad, usabilidad y otras características del producto que son difíciles de evaluar en pantalla” (Jarža et al., 2023, p. 121). Este avance no solo ha optimizado los procesos de producción, dotándolos de mayor eficiencia y flexibilidad en la elaboración de mobiliario, sino que también ha fomentado el uso de materiales más sostenibles, como plásticos reciclables o incluso biomateriales, contribuyendo así a una notable reducción de residuos y a una mayor armonía con el medio ambiente.

Por otra parte, la incorporación de tecnologías como el BIM (Building Information Modelling) en la impresión tridimensional posibilita una mayor eficiencia en el diseño de mobiliario urbano, al integrar la planificación, la operación y el seguimiento de costos y energía a lo largo de todo el ciclo de vida del producto. Esto evidencia que la impresión 3D no solo ejerce una influencia significativa en el ámbito del diseño, sino que también está reconfigurando la industria desde una perspectiva más amplia, vinculada a la sostenibilidad y la gestión eficiente de los recursos.

Implicaciones sociales y culturales del cambiante paisaje del mobiliario urbano

El diseño de mobiliario urbano ha sido históricamente un reflejo de las transformaciones sociales y culturales de las ciudades. Sin embargo, en las últimas décadas, el crecimiento de las ciudades y la diversificación de sus habitantes han planteado nuevas necesidades y desafíos para la configuración de estos espacios públicos. En este contexto, surge la impresión 3D como una herramienta tecnológica innovadora capaz de replantear el mobiliario urbano no solo desde una perspectiva funcional, sino también desde un enfoque inclusivo y sostenible. Esta problemática pone en evidencia la necesidad de abordar el mobiliario urbano como un factor clave en la creación de espacios públicos que promuevan la cohesión social y la sostenibilidad ambiental.

El mobiliario urbano tradicional, más que un mero artefacto funcional, ha sido un testigo material de la memoria colectiva, un espejo donde se reflejan las tradiciones y narrativas que tejen la identidad de las comunidades. Cada banco, farola o fuente encarna un diálogo entre el pasado y el presente, influyendo en las relaciones sociales y en la percepción del espacio público como un ámbito de encuentro y pertenencia. Sin embargo, en el escenario

contemporáneo –caracterizado por la globalización y la heterogeneidad cultural–, las soluciones estandarizadas revelan su insuficiencia.

Las urbes actuales demandan intervenciones que, lejos de homogeneizar, respeten y potencien las especificidades culturales e históricas de cada contexto. El diseño del mobiliario representa un acto de traducción material, donde la historia, la cultura y las tradiciones locales se codifiquen en formas, texturas y materiales que no solo dialogan con el entorno, sino que también fomenten el bienestar y la interacción de sus usuarios. Así, el mobiliario urbano se erige como un artefacto mediador, capaz de equilibrar la identidad local con las demandas de una sociedad en constante transformación, redefiniendo el espacio público como un lienzo vivo de memoria y futuro.

Además, la creciente implementación de tecnologías de impresión 3D ofrece la posibilidad de personalizar y adaptar el mobiliario urbano para satisfacer tanto las demandas locales como los principios de sostenibilidad. Esta tecnología permite la creación de diseños complejos y sostenibles que, por un lado, minimizan el uso de recursos y, por otro, potencian la inclusividad social al “facilitar la integración y el diálogo entre diferentes culturas en los espacios públicos”. Al ser un método de producción que puede emplear materiales reciclables y reducir el desperdicio, la impresión 3D se presenta como una alternativa viable para diseñar ciudades más sostenibles y resilientes.

El desafío, por tanto, no es solo la incorporación de nuevas tecnologías en la producción de mobiliario, sino la necesidad de integrar estos avances dentro de un marco de respeto por las identidades culturales, el medio ambiente y las necesidades contemporáneas de las comunidades urbanas.

Consideraciones ambientales asociadas a la evolución del mobiliario urbano y la impresión 3D

La evolución del mobiliario urbano ha estado profundamente influenciada por factores ambientales, reflejando una creciente conciencia sobre la necesidad de prácticas sostenibles en el diseño y la producción. En las últimas décadas, el impacto ambiental del mobiliario urbano ha sido evaluado mediante la medición de la huella de carbono de los elementos utilizados en las áreas urbanas, lo que ha llevado al desarrollo de estrategias de eco-diseño que buscan minimizar el impacto ecológico a través del reemplazo de materiales tradicionales por alternativas más sostenibles. Estas recomendaciones han puesto énfasis en la necesidad de utilizar materiales locales y reutilizables, así como en la incorporación de tecnologías más amigables con el medio ambiente en la producción, alineando el diseño urbano con los principios de sostenibilidad.

El impacto ambiental no solo se limita a la elección de los materiales, sino que también abarca todo el proceso de desarrollo y fabricación, destacando la importancia de una ecología industrial que integre la sostenibilidad en cada fase del ciclo de vida del producto. Esto incluye el uso eficiente de las materias primas y la reducción de residuos, elementos críticos para disminuir el daño ambiental en la producción de mobiliario urbano. La impresión 3D, como una tecnología emergente, juega un papel clave en este proceso al permitir la fabri-

cación aditiva con precisión, reduciendo significativamente los residuos y posibilitando el uso de materiales reciclados y biodegradables, implementado “factores positivos de un proceso de trabajo más rápido, reduciendo el costo de las materias primas gastadas en la producción de pruebas prototipos, y el uso de la tecnología únicamente (no interferencia de un proceso de producción regular, en el que los trabajadores continuarán trabajando en sus puestos habituales en producción) sin duda mostraría resultados” (Jarža et al., 2023). La impresión 3D no solo transforma el diseño y la construcción de mobiliario urbano, sino que también admite una mayor personalización y adaptación a las necesidades locales, lo que facilita la integración de consideraciones ambientales en las prácticas de fabricación. Así, esta tecnología emergente se convierte en una herramienta esencial para enfrentar los desafíos actuales de sostenibilidad en las ciudades, contribuyendo a la creación de espacios urbanos más resilientes y ecológicamente responsables.

El propósito central de esta investigación radica en explorar de qué manera la impresión tridimensional, en conjunción con el uso de concreto y materiales alternativos, puede diversificar y elevar el diseño del mobiliario urbano y, de este modo, potenciar la funcionalidad de los objetos y su estética, contribuyendo a generar espacios más sostenibles y dúctiles en contextos sociales y ambientales en constante transformación. Surgen, entonces, interrogantes fundamentales que guían este estudio: ¿De qué manera la impresión tridimensional, combinada con el uso de concreto y materiales alternativos, puede diversificar y elevar el diseño del mobiliario urbano, potenciando su funcionalidad y estética, y favoreciendo la creación de espacios urbanos sostenibles y adaptativos en entornos en constante evolución?

Como hipótesis principal, se postula que la implementación de la impresión tridimensional en la fabricación de mobiliario urbano no solo transformará radicalmente los procesos de diseño, incrementando su adaptabilidad y sostenibilidad, sino que también ampliará y diversificará las oportunidades profesionales dentro del ámbito de la arquitectura y el urbanismo, abriendo nuevos horizontes de innovación y colaboración interdisciplinaria. El marco teórico se organiza en cuatro ejes fundamentales que permiten abordar el diseño del mobiliario urbano desde una perspectiva multidimensional. En el primer eje, la relación entre teoría social y diseño urbano se explora a partir de las contribuciones de Harvey (1990), Arruda et al. (2017) y Miranda (2019), quienes analizan cómo las dinámicas sociales, las relaciones de poder y la identidad colectiva configuran los espacios públicos y se reflejan en sus elementos. Este enfoque resalta al mobiliario urbano como manifestación de valores culturales y tensiones inherentes a cada contexto.

El segundo eje se centra en el concepto de modernidad líquida, desarrollado por Zygmunt Bauman (2000), que ofrece una visión crítica de la fluidez y el cambio constante en las sociedades contemporáneas. Este planteamiento destaca la necesidad de entornos urbanos flexibles y capaces de adaptarse a transformaciones continuas, lo que impulsa el diseño de soluciones que respondan a la inestabilidad de los contextos actuales.

El tercer eje se orienta hacia la innovación tecnológica en el mobiliario urbano, con especial énfasis en la aplicación de la impresión tridimensional (3D). Investigaciones de Burry (2013) y Jarža et al. (2023) evidencian cómo el uso de tecnologías avanzadas posibilita la creación de diseños personalizados y precisos, superando las limitaciones de los métodos tradicionales y permitiendo que cada objeto se ajuste a las particularidades de su entorno.

El cuarto eje aborda la teoría del diseño y la sostenibilidad, enfatizando la integración de principios ecológicos en la producción urbana. Estudios de Yeang (2006) y Sipahi & Sipahi (2024) subrayan la importancia de optimizar el uso de recursos y reducir residuos a través de materiales alternativos y procesos de fabricación aditiva, contribuyendo a un diseño responsable y respetuoso con el medio ambiente.

Teoría social y el diseño urbano

El diseño de mobiliario urbano es un reflejo directo de la estructura social y las relaciones que se desarrollan en los espacios públicos. A lo largo de la historia, el espacio público ha sido objeto de estudio desde la teoría social, ya que en él se articulan las interacciones humanas, las instituciones y las dinámicas de poder. Las plazas, parques y calles son puntos de encuentro donde se expresan las identidades y tensiones sociales, y donde el mobiliario urbano actúa como un facilitador o limitador de estas relaciones.

David Harvey (1990) señala que la “reorganización del espacio es siempre una reorganización del marco de trabajo a través del cual se expresa el poder social”. En ese sentido, la organización del espacio público está intrínsecamente vinculada a las estructuras de poder y al modo de producción dominante. Por lo cual, el diseño de mobiliario urbano tradicional ha respondido a las necesidades de control y orden urbano, reflejando las jerarquías y desigualdades sociales. Sin embargo, en las sociedades contemporáneas, las transformaciones económicas y tecnológicas han provocado cambios en la forma en que se utiliza y percibe el espacio público, dando lugar a nuevas demandas de flexibilidad y personalización en el diseño de estos espacios.

La teoría social, en este contexto, se erige como un instrumento analítico esencial para comprender de qué manera el mobiliario urbano puede transformarse y adaptarse a las demandas de una sociedad en perpetua evolución. En este marco, la impresión tridimensional surge como una solución innovadora y disruptiva, capaz de ajustar el diseño de mobiliario a las dinámicas sociales contemporáneas, abriendo así un abanico de nuevas posibilidades en términos de interacción y funcionalidad.

Modernidad líquida

La modernidad líquida, concepto introducido por Zygmunt Bauman (2000), describe una etapa de la modernidad caracterizada por la inestabilidad, la fluidez y la constante transformación de las relaciones sociales e institucionales. En esta nueva etapa, las estructuras que antes brindaban estabilidad, como las instituciones estatales y las normas sociales, han perdido su rigidez, dando paso a una sociedad donde las relaciones son efímeras y la adaptación se convierte en una necesidad constante.

En el vasto y dinámico ámbito del diseño urbano, la modernidad líquida, concepto acuñado por Zygmunt Bauman, impone desafíos de singular complejidad. La ciudad contemporánea ha dejado de ser un espacio estático, aquel en el que el mobiliario urbano podía concebirse bajo la premisa de que las relaciones sociales y los usos del espacio público permanecerán inmutables. Por el contrario, las dinámicas de movilidad acelerada, el consumismo voraz y la omnipresencia de la digitalización han alterado profundamente la manera en que los individuos interactúan con los objetos urbanos. En este contexto, el mobiliario urbano fabricado mediante impresión tridimensional emerge como una respuesta innovadora y versátil, capaz de adaptarse con agilidad a las demandas fluctuantes de esta modernidad líquida, ofreciendo soluciones que se ajustan con precisión a las necesidades siempre cambiantes de los ciudadanos.

Resulta imperativo observar con detenimiento cómo los habitantes de las ciudades contemporáneas interactúan con los elementos que pueblan el espacio público en esta era de fluidez constante. Ya no se busca la estabilidad y la permanencia que caracterizan épocas pasadas; en su lugar, se anhela flexibilidad y adaptabilidad en los entornos que se habitan. La impresión 3D, con su capacidad intrínseca para personalizar y diversificar el mobiliario urbano, se erige como una herramienta poderosa para satisfacer estas nuevas exigencias. Permite a los diseñadores concebir piezas únicas, que no solo se integran armoniosamente en cada espacio, sino que también reflejan las particularidades culturales, sociales y funcionales de quienes las utilizan. De esta manera, la modernidad líquida no solo transforma las relaciones sociales y la percepción del espacio, sino que también redefine los parámetros del diseño urbano, exigiendo soluciones más creativas, flexibles y sensibles a las pulsiones de una sociedad en perpetua evolución.

Innovación tecnológica en el mobiliario urbano

La introducción de tecnologías emergentes en el diseño de mobiliario urbano, como la impresión 3D, representa una revolución en la manera en que se conciben y producen estos elementos. Tradicionalmente, el mobiliario urbano ha sido producido utilizando métodos convencionales de fabricación, que imponen limitaciones en términos de forma, materialidad y costo. Sin embargo, la impresión 3D ha cambiado este panorama, ofreciendo nuevas oportunidades para la personalización, la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de recursos.

Mark Burry (2013) destaca que “la programación informática es una actividad central sin la cual nada sucedería. Lo que ayuda a explicar por qué las computadoras han tenido un impacto demostrablemente menos inmediato en la arquitectura (diseño) que en cualquier otra disciplina creativa es quizás que las computadoras en la investigación arquitectónica han estado sesgadas hacia muchos de los campos técnicos de la disciplina”.

Las nuevas tecnologías de diseño computacional y fabricación digital permiten a los arquitectos y diseñadores explorar formas y estructuras que antes eran imposibles de realizar con los métodos tradicionales. La impresión 3D con concreto, en particular, brinda una oportunidad única para crear mobiliario urbano altamente resistente y duradero.

Además, la posibilidad de utilizar materiales alternativos, como plásticos reciclados o compuestos avanzados, amplía aún más las posibilidades de innovación, permitiendo crear mobiliario que no solo sea funcional, sino también sostenible y adaptable a las necesidades del entorno.

La posibilidad de personalizar el mobiliario urbano, ajustándose con precisión a las particularidades únicas de cada lugar y a las necesidades específicas de cada comunidad, tiene el potencial de fomentar un sentido de pertenencia más profundo entre quienes habitan y transitan esos espacios, incentivando así una interacción más activa y significativa con el entorno. La impresión tridimensional, en este sentido, no solo representa una revolución en el ámbito técnico y metodológico del diseño, sino que también ejerce una influencia trascendental en la forma en que las personas se vinculan con los espacios urbanos, transformando no solo la materialidad de las ciudades, sino también la experiencia emocional y social de quienes las viven.

Teoría del diseño y sostenibilidad

La sostenibilidad es uno de los grandes desafíos contemporáneos en el diseño urbano. La necesidad de reducir el impacto ambiental de las construcciones y de optimizar el uso de los recursos ha impulsado la búsqueda de soluciones más ecológicas y eficientes. En este contexto, la impresión 3D con materiales sostenibles se presenta como una alternativa prometedora para el diseño de mobiliario urbano, ya que permite minimizar los residuos y utilizar solo la cantidad necesaria de material para producir cada pieza.

Ken Yeang (2006) argumenta que “los sistemas en la naturaleza no son solo mecánicos, sino orgánicos; Por ejemplo, en el caso de un corazón artificial, si tomamos el corazón artificial más avanzado que podemos producir, todavía utiliza fuentes de energía externas, utiliza pilas. Todavía somos incapaces de desarrollar un corazón artificial que utilice la energía del cuerpo. Además, la tasa de supervivencia es del setenta por ciento. Así que si ni siquiera podemos diseñar un dispositivo artificial de interfaz de una manera verdaderamente orgánica y autosuficiente, entonces puedes imaginar hasta qué punto somos capaces de diseñar una arquitectura ecológica que realmente pueda integrarse con todos los sistemas”. La impresión 3D con concreto y materiales alternativos cumple con estos principios, ya que reduce significativamente el desperdicio de materiales durante el proceso de fabricación y permite la creación de mobiliario que puede ser fácilmente reciclado o reutilizado al final de su vida útil.

Resulta fundamental examinar con detenimiento cómo los ciudadanos perciben, interactúan y se apropian del mobiliario urbano sostenible. En numerosas urbes, se ha manifestado una demanda creciente de soluciones que trascienden la mera funcionalidad, aspirando a encarnar valores ecológicos y a reflejar los principios de sostenibilidad que las comunidades contemporáneas anhelan. La impresión tridimensional, en este contexto, se erige como una herramienta transformadora, permitiendo a los diseñadores concebir piezas que no solo satisfacen estas expectativas, sino que también fomentan un uso más consciente y responsable de los recursos.

De esta manera, esta tecnología no solo responde a las necesidades inmediatas del diseño urbano, sino que también se alinea con los elevados propósitos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), contribuyendo a la construcción de un futuro más equilibrado y respetuoso con el entorno.

Innovación en la Impresión 3D y Materiales Alternativos

La tecnología de impresión tridimensional está redefiniendo los paradigmas del diseño y la fabricación de mobiliario urbano, destacándose especialmente por su empleo de concreto y materiales alternativos. Estos avances no solo introducen una perspectiva renovada en la concepción del espacio público, sino que también elevan los estándares de eficiencia, sostenibilidad y personalización en la creación de estos elementos urbanos. En este apartado, se profundiza en dos dimensiones fundamentales de esta innovación: por un lado, la Tecnología de Impresión 3D con Concreto, que redefine los límites de la resistencia y la precisión constructiva; y por otro, el Uso de Materiales Alternativos, que amplían las posibilidades funcionales y estéticas de los diseños. Esta convergencia entre innovación tecnológica y exploración material está catalizando una transformación profunda en el ámbito del diseño urbano, abriendo camino a soluciones vanguardistas que responden con agilidad a las demandas actuales de sostenibilidad y adaptabilidad.

Tecnología de impresión 3D en concreto

La impresión 3D con concreto ha surgido como una de las aplicaciones más prometedoras en el campo de la construcción y el diseño urbano. Esta tecnología permite la creación de estructuras tridimensionales mediante la extrusión controlada de capas de concreto, que se van depositando con precisión milimétrica, según el modelo digital predefinido. Una de las principales ventajas de esta técnica es la capacidad de construir formas complejas que serían difíciles o imposibles de realizar con los métodos tradicionales de construcción. Precisión y complejidad en el diseño. Uno de los atributos más destacados de la impresión tridimensional con concreto radica en su precisión sin precedentes durante el proceso de producción. Al operar directamente desde modelos digitales, esta tecnología es capaz de replicar formas con una exactitud que supera ampliamente los métodos tradicionales, permitiendo a los diseñadores explorar geometrías sofisticadas, curvas de inspiración orgánica y superficies detalladas que no solo satisfacen las demandas estéticas, sino que también responden a las exigencias funcionales de los espacios públicos.

Un ejemplo emblemático de este potencial se encuentra en el proyecto desarrollado por Skanska y Foster + Partners, donde se empleó la impresión 3D para fabricar componentes arquitectónicos de concreto que se ensamblan con facilidad en el sitio de construcción. Este enfoque no solo elimina la necesidad de moldes costosos, sino que también maximiza la eficiencia constructiva. Tal nivel de precisión no solo expande las fronteras del diseño,

sino que también reduce drásticamente los plazos de ejecución y los errores humanos, resultando en proyectos más ágiles y económicamente viables. En cuanto a la sostenibilidad, la impresión 3D con concreto ofrece ventajas notables al optimizar el uso de materiales. A diferencia de los métodos convencionales, donde el desperdicio de concreto es frecuente debido a moldes o fallas en la ejecución, esta tecnología emplea únicamente la cantidad necesaria de material, depositando capa por capa, lo que minimiza el residuo generado. Un caso ilustrativo es el Puente Peatonal Impreso en 3D en China, cuya construcción demostró no solo la viabilidad de esta técnica en infraestructuras de gran escala, sino también su capacidad para reducir al mínimo los desechos. Este enfoque no solo es beneficioso desde una perspectiva ambiental, sino que también disminuye considerablemente los costos asociados a los materiales.

Además, la impresión 3D en concreto brinda una adaptabilidad excepcional al entorno urbano. La flexibilidad inherente al modelado digital permite a arquitectos y urbanistas diseñar mobiliario urbano personalizado, concebido específicamente para integrarse de manera armónica en el paisaje local y atender las necesidades particulares de la comunidad. Este enfoque contrasta con la producción masiva de mobiliario estándar, que a menudo carece de la sensibilidad cultural, estética y funcional requerida por los espacios públicos. Un ejemplo paradigmático de esta adaptabilidad se encuentra en Ámsterdam, donde la empresa MX3D empleó la impresión 3D para construir un puente peatonal en acero, instalado en el icónico barrio de los canales. Este proyecto no solo evidenció la capacidad de la tecnología para crear mobiliario innovador, sino también su potencial para respetar y enriquecer la estética de un entorno urbano de valor patrimonial, demostrando así su versatilidad y relevancia en contextos diversos.



Figura 2. Puente construido con impresión 3d en acero.

Nota: El gráfico representa el puente de acero en la ubicación final, cubriendo una luz aproximada de 10 metros. Tomado de MX3D, 2023, (<https://mx3d.com/industries/mx3d-bridge/>)

Materiales alternativos y su impacto en el diseño

Si bien el concreto es el material más comúnmente utilizado en la impresión 3D de mobiliario urbano, el desarrollo de materiales alternativos ha ampliado significativamente las posibilidades de diseño. El uso de plásticos reciclados, fibras naturales y compuestos avanzados está mejorando las propiedades del concreto, haciéndolo más versátil, duradero y funcional para una variedad de aplicaciones urbanas.

Plásticos reciclados: sostenibilidad y durabilidad. El uso de plásticos reciclados en la impresión 3D es una de las innovaciones más prometedoras en términos de sostenibilidad. Este material no solo es abundante, sino que también permite crear mobiliario urbano resistente a la intemperie, lo que lo hace ideal para su uso en entornos exteriores. Además, el reciclaje de plásticos reduce la cantidad de residuos que terminan en vertederos, contribuyendo a un modelo de economía circular en el diseño urbano.

Un ejemplo notable es el proyecto *Print Your City* en Tesalónica, Grecia, donde se utilizaron plásticos reciclados para imprimir mobiliario urbano como bancas y papeleras. Este proyecto no solo permitió la creación de mobiliario altamente resistente y sostenible, sino que también involucró a la comunidad en el proceso, promoviendo una conciencia sobre el reciclaje y el impacto ambiental de los desechos plásticos.

Fibras naturales: flexibilidad y estética. Las fibras naturales, como el bambú y el cáñamo, están ganando popularidad como refuerzos en el concreto impreso en 3D debido a su capacidad para mejorar la flexibilidad y resistencia del material, al mismo tiempo que reducen el impacto ambiental.

Estos materiales son biodegradables y requieren menos energía para su producción que los compuestos sintéticos, lo que los convierte en una opción atractiva para el diseño urbano sostenible. Un ejemplo de esta innovación es el uso de fibras de cáñamo en el proyecto *Hempcrete*, donde se combinó este material natural con concreto impreso en 3D para crear estructuras ligeras, resistentes y de bajo impacto ambiental. Esta combinación ofrece una solución innovadora para el mobiliario urbano en climas extremos, donde la resistencia a las condiciones climáticas es crucial.

Compuestos avanzados: funcionalidad y resistencia. Los compuestos avanzados, como los polímeros reforzados con fibra de vidrio o carbono, también están siendo utilizados en la impresión 3D de mobiliario urbano para mejorar las propiedades del concreto en términos de resistencia, flexibilidad y capacidad de absorción de energía. Estos materiales son ideales para crear estructuras destinadas a soportar altos niveles de estrés mecánico, como columnas o elementos de infraestructura pública.

A través del uso de plásticos reciclados, fibras naturales y compuestos avanzados, esta tecnología no solo ofrece soluciones más sostenibles, sino que también permite una mayor adaptabilidad a las necesidades específicas del espacio urbano. Estos avances tecnológicos están posicionando a la impresión 3D como una herramienta fundamental para el futuro del diseño urbano, facilitando la creación de mobiliario que no solo responde a las demandas estéticas y funcionales del presente, sino que también promueve una mayor conciencia ambiental y una utilización más eficiente de los recursos.

Revolución en el Diseño de Mobiliario Urbano

En las últimas décadas, las ciudades han sido testigos de una metamorfosis profunda en la manera en que los ciudadanos se relacionan con los espacios públicos y los elementos que los componen. El crecimiento urbano acelerado, la omnipresencia de la digitalización y la creciente conciencia sobre la sostenibilidad han catalizado la búsqueda de soluciones innovadoras, capaces de adaptarse a las complejas realidades sociales y medioambientales de nuestro tiempo. En este escenario, la impresión tridimensional ha surgido como una tecnología disruptiva, ofreciendo la posibilidad de personalizar y flexibilizar el diseño del mobiliario urbano, y proponiendo así un enfoque renovado para atender las demandas contemporáneas de los habitantes de las urbes modernas.

Este enfoque arquitectónico-urbanístico se adentra en el estudio de cómo la impresión 3D está redefiniendo el diseño del mobiliario urbano, explorando tres dimensiones clave: la personalización y flexibilidad que permite esta tecnología, su capacidad para adaptarse a las dinámicas del espacio público contemporáneo, y su aplicación en proyectos pioneros desarrollados en ciudades emblemáticas como Nueva York, Barcelona y Ámsterdam. A través de estos ejes, se revela cómo esta innovación no solo transforma la materialidad de los entornos urbanos, sino también la forma en que las comunidades interactúan con ellos, abriendo nuevas posibilidades para la creación de espacios más inclusivos, sostenibles y sensibles a las necesidades humanas.

Personalización y flexibilidad: Cómo la impresión 3D permite diseñar mobiliario específico para cada espacio urbano

El diseño de mobiliario urbano tradicional se ha caracterizado por la producción en masa de elementos estandarizados que, si bien cumplen una función básica en los espacios públicos, rara vez responden a las particularidades culturales, sociales y ambientales de los diferentes contextos urbanos. La impresión 3D ha permitido romper con esta limitación, ofreciendo la posibilidad de personalizar cada pieza de mobiliario para que se ajuste a las necesidades específicas de cada lugar.

En el ámbito de la personalización, la impresión tridimensional confiere a diseñadores y urbanistas la capacidad de concebir formas y estructuras únicas, las cuales pueden integrarse de manera armoniosa en el tejido urbano local. Este aspecto adquiere especial relevancia en ciudades que poseen un elevado valor patrimonial o que presentan características geográficas y culturales distintivas, las cuales demandan soluciones de diseño específicas y sensibles. Tomemos, por ejemplo, una ciudad como Barcelona, donde la arquitectura y el urbanismo están impregnados por el legado visionario de Antoni Gaudí. En este contexto, la impresión 3D se erige como una herramienta invaluable, permitiendo la creación de mobiliario urbano que no solo respeta la estética y el espíritu del entorno, sino que también incorpora elementos contemporáneos, logrando así un diálogo entre lo tradicional y lo innovador.



Figura 3. Prototipos de mobiliario urbano

Nota: Los gráficos representan dos prototipos de mobiliario urbano tipo banca diseñado con fabricación aditiva. Elaboración propia, 2024.

Asimismo, la flexibilidad inherente a la impresión tridimensional facilita la adaptación del mobiliario urbano a las demandas fluctuantes de los ciudadanos. En la llamada modernidad líquida, concepto acuñado por Zygmunt Bauman, las relaciones sociales y las instituciones se caracterizan por su fluidez y constante transformación. Esta dinámica de cambio perpetuo también se manifiesta en el uso del espacio público, el cual evoluciona de manera continua en respuesta a las actividades sociales, culturales y económicas que definen la vida urbana. En este escenario, el mobiliario urbano se concibe para ajustarse con agilidad a estas transformaciones. La impresión 3D, con su capacidad para modificar o replicar piezas de manera rápida y eficiente, ofrece una respuesta idónea a estas necesidades emergentes, evitando los elevados costos y los plazos prolongados que suelen asociarse a los métodos de fabricación convencionales. De este modo, se posiciona como una solución no solo técnica, sino también conceptual, alineada con las exigencias de una sociedad en constante movimiento.

Adaptación al espacio público contemporáneo

El espacio público contemporáneo se erige como un entorno dinámico y multifacético, en el cual las necesidades de los ciudadanos se encuentran en perpetua evolución. Elementos como bancos, papeleras, luminarias y otros componentes del mobiliario urbano desempeñan un papel fundamental en la forma en que los habitantes interactúan con su entorno.

Por último, la sostenibilidad se ha convertido en una preocupación central en el diseño urbano actual. La impresión tridimensional posibilita el uso de materiales reciclados y la optimización de recursos, reduciendo de manera significativa el impacto ambiental asociado a la producción de mobiliario. Proyectos emblemáticos, como el puente peatonal impreso en 3D más largo del mundo en China, han demostrado cómo esta tecnología puede generar estructuras eficientes en términos de materiales, minimizando el desperdicio y los costos de producción. Esta capacidad de emplear únicamente el material necesario para cada pieza convierte a la impresión 3D en una opción idónea para aquellas ciudades que buscan soluciones de diseño más sostenibles y responsables con el medio ambiente.

Proyectos pioneros: Estudio de casos de mobiliario urbano impreso en 3D en ciudades como Nueva York, Barcelona y Ámsterdam

En el horizonte de la transformación urbana, la impresión 3D se erige como un umbral hacia nuevas posibilidades en la configuración del mobiliario público. No es solo un avance técnico, sino la cristalización de una lógica espacial que entrelaza innovación, sostenibilidad y la evolución de la experiencia urbana. Cada proyecto que la incorpora, lejos de ser un mero ejercicio formal, se convierte en una declaración sobre la adaptabilidad del espacio y la necesidad de repensar su relación con la ciudad y sus habitantes.

En Nueva York, Branch Technology ha llevado esta revolución a la materialidad efímera de los pabellones urbanos. Estos no son meras estructuras temporales, sino organismos espaciales que mutan con la ciudad, respondiendo a eventos y circunstancias sin dejar huella de obsolescencia. Su capacidad de ser desmontados y reubicados no solo optimiza el uso de los recursos, sino que también redefine la naturaleza misma del mobiliario, que ya no es estático, sino un agente de transformación en constante diálogo con el entorno.

Barcelona, en su eterno equilibrio entre vanguardia y tradición, ha encontrado en la impresión 3D un vehículo para reinterpretar su patrimonio. La Gaudí Chair, inspirada en las geometrías maestras del arquitecto catalán, es una pieza que no solo brinda funcionalidad al transeúnte, sino que materializa el legado cultural de la ciudad en el lenguaje del concreto impreso. En este acto, la tecnología deja de ser una herramienta neutral para convertirse en un medio de preservación y resignificación del espíritu arquitectónico local.

Ámsterdam, por su parte, ha llevado la impresión 3D a la escala de la infraestructura, demostrando su viabilidad más allá del mobiliario convencional. El puente peatonal impreso en acero por MX3D se alza como un símbolo de la convergencia entre tecnología y sostenibilidad, integrándose con fluidez en el tejido histórico de los canales. Su proceso de fabricación, que prescinde de los métodos constructivos tradicionales, no solo minimiza el desperdicio material, sino que introduce un nuevo paradigma en la manera en que concebimos las estructuras urbanas.

En China, la impresión 3D ha alcanzado su máxima expresión en términos de escala y eficiencia con la construcción del puente peatonal más largo del mundo. Este proyecto no solo desafía los límites estructurales de la tecnología, sino que también demuestra su capacidad para optimizar el uso de materiales y reducir significativamente la huella de

carbono en el proceso constructivo. Aquí, la innovación no es solo una herramienta, sino un manifiesto sobre la posibilidad de edificar con mayor responsabilidad ambiental.

En cada uno de estos casos, la impresión 3D trasciende su rol como técnica para convertirse en un discurso arquitectónico y urbano. No se trata únicamente de crear objetos, sino de modelar nuevas formas de habitar, donde la materialidad se vuelve maleable, la infraestructura se adapta a su contexto y el mobiliario deja de ser un elemento inerte para convertirse en un catalizador de la experiencia urbana.

Sostenibilidad y Eficiencia en la Producción

La sostenibilidad en el diseño de mobiliario urbano, bajo el enfoque de la teoría de la sostenibilidad y la ecología urbana, se ha convertido en un objetivo primordial en la planificación y construcción de ciudades. La búsqueda de procesos eficientes, que optimicen los recursos y reduzcan el impacto ambiental, es esencial para mitigar los efectos del crecimiento urbano en el medio ambiente. En este contexto, la impresión 3D se presenta como una tecnología disruptiva que ofrece un nuevo paradigma para la producción de mobiliario urbano. Desde una perspectiva teórica, este avance tecnológico contribuye a la sostenibilidad a través de la reducción de residuos, el uso eficiente de recursos, y la disminución de la huella de carbono, generando una transformación en los procesos de diseño y fabricación en entornos urbanos.

Reducción de residuos y uso eficiente de recursos

Uno de los aportes más trascendentales de la impresión tridimensional en el ámbito de la sostenibilidad radica en su capacidad para minimizar el desperdicio de materiales. En los métodos tradicionales de producción de mobiliario urbano, basados en la fabricación masiva, la ineficiencia en el uso de recursos es una constante, derivada de la necesidad de moldes, cortes y procesos estandarizados que generan inevitablemente sobrantes. Estos residuos, producto del ajuste y moldeado de las piezas, suelen carecer de un segundo uso, perpetuando un ciclo de consumo insostenible.

En contraste, la impresión 3D, mediante su proceso de fabricación aditiva, deposita el material únicamente donde es estrictamente necesario, eliminando la generación de desechos adicionales. Esta técnica no solo optimiza el uso de recursos al emplear la cantidad exacta de material requerida para cada capa del objeto en construcción, sino que también representa un giro paradigmático hacia una producción más racional y eficiente. Desde una perspectiva teórica, este enfoque se alinea con los principios de la economía circular, donde se prioriza la reducción del consumo de recursos naturales y la minimización de residuos, estableciendo un nuevo estándar en la fabricación de mobiliario urbano.

Desde el punto de vista de la teoría ecológica, la reducción de residuos desempeña un papel crucial en la conservación de los ecosistemas urbanos y en la mitigación de los impactos negativos asociados a la urbanización. La fabricación convencional de mobiliario urbano, caracterizada por su elevado nivel de desperdicio y su dependencia de materiales no renovables, ha contribuido históricamente a la sobreexplotación de recursos naturales y al deterioro ambiental. Frente a este escenario, la impresión 3D no solo reduce significativamente el consumo de materiales, sino que también facilita la integración de recursos reciclados y sostenibles en el proceso productivo. Esta capacidad refuerza su papel como herramienta clave en la construcción de ciudades más resilientes y ecológicamente responsables, marcando un hito en la evolución de las prácticas constructivas y urbanísticas.

Impresión in situ y reducción de huella de carbono

Otro aspecto clave de la contribución de la impresión 3D a la sostenibilidad es su capacidad para ser implementada directamente en el sitio de instalación del mobiliario urbano, reduciendo significativamente la necesidad de transporte. En los modelos tradicionales de producción, el mobiliario urbano es fabricado en plantas industriales distantes del lugar donde será instalado, lo que implica un gasto considerable en el transporte de materiales y productos acabados. Este proceso no solo genera un costo económico, sino también una huella de carbono significativa, dado que el transporte de mercancías, especialmente en largas distancias, contribuye considerablemente a las emisiones de gases de efecto invernadero.

El proceso de impresión in situ elimina esta necesidad de transporte a gran escala. Al imprimir el mobiliario directamente en el lugar donde será instalado, se reducen tanto las emisiones asociadas al transporte como los costos logísticos. Esto no solo es ventajoso desde una perspectiva económica, sino que, desde el punto de vista de la teoría de la sostenibilidad, representa una solución más eficiente y ecológica. La reducción de la huella de carbono en el proceso de fabricación y distribución del mobiliario urbano es un paso importante hacia la mitigación del cambio climático y el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones a nivel global.

Además, el proceso de impresión in situ representa un avance significativo en la optimización del consumo energético durante la producción. A diferencia de los métodos convencionales de fabricación, que suelen depender de maquinaria pesada y procesos altamente demandantes de energía, la impresión tridimensional opera bajo un sistema de fabricación aditiva que requiere un menor gasto energético. Este enfoque, más controlado y preciso, no solo reduce el consumo de energía durante el ensamblaje de las piezas, sino que también eleva los estándares de eficiencia en la construcción de mobiliario urbano. De esta manera, se consolida como una práctica constructiva que no solo minimiza el impacto ambiental, sino que también promueve un uso más responsable y sostenible de los recursos energéticos, alineándose con los principios de la arquitectura y el urbanismo contemporáneos.

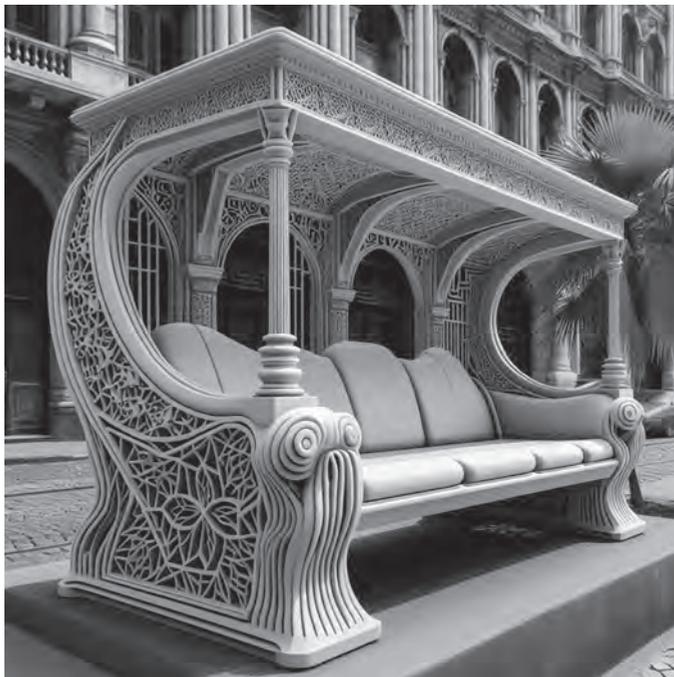


Figura 5. Prototipo de mobiliario urbano; paradero de buses

Nota: El gráfico representa el prototipo de mobiliario urbano impreso en concreto 3d en una plaza. Elaboración propia, 2024.

Optimización del ciclo de vida de los materiales

La impresión tridimensional introduce un paradigma transformador en la gestión del ciclo de vida de los materiales empleados en el mobiliario urbano. Frente al modelo lineal extractivo tradicional –basado en la secuencia de extracción, producción y descarte–, que genera residuos masivos y perpetúa la explotación de recursos vírgenes, esta tecnología habilita un flujo cíclico de recursos. Mediante la fabricación aditiva, los materiales pueden ser reintegrados al proceso productivo tras su vida útil, ya sea a través de reciclaje mecánico o mediante la selección de compuestos biodegradables que se reintegran al ecosistema sin dejar huellas nocivas.

Desde una óptica técnica, este enfoque circular se sustenta en la capacidad de la impresión 3D para trabajar con materiales de origen reciclado –como termoplásticos reprocesados o concretos con áridos reutilizados–, así como en el diseño de geometrías optimizadas que reducen el volumen material sin comprometer la integridad estructural.

La reincorporación de estos elementos en nuevos ciclos productivos no solo mitiga la demanda de materias primas, sino que también disminuye la carga sobre los vertederos, un desafío crítico en entornos urbanos densificados.

En el ámbito constructivo, esta metodología redefine los principios de la ecología urbana al establecer un modelo simbiótico entre producción y entorno. La selección de biomateriales –como biopolímeros derivados de celulosa o micelio–, combinada con técnicas de fabricación precisa, permite crear mobiliario que, al final de su utilidad, se descompone sin toxicidad o se transforma en insumo para nuevas estructuras. Este enfoque no solo alivia la presión sobre los ecosistemas circundantes, sino que también sienta las bases para una urbanización regenerativa, donde cada elemento construido contribuye a un metabolismo urbano equilibrado y resiliente.

Implicaciones sociales y urbanísticas

La impresión tridimensional, al aplicarse a la producción de mobiliario urbano, trasciende las meras ventajas de sostenibilidad y eficiencia para reconfigurar la relación simbiótica entre la ciudadanía y su entorno construido. Su capacidad técnica para adaptar y personalizar cada elemento según las exigencias contextuales –mediante algoritmos de diseño generativo y fabricación aditiva– no solo optimiza la integración estética y funcional en el paisaje urbano, sino que también cataliza una interacción social más orgánica. Desde el prisma de la teoría social, esta tecnología democratiza la creación de espacios públicos, invitando a la comunidad a co-diseñar soluciones que reflejen sus identidades colectivas, fortaleciendo así el arraigo y la corresponsabilidad hacia el hábitat urbano.

En el ámbito constructivo, la flexibilidad inherente a esta metodología redefine los paradigmas de la planificación urbana. Al permitir la producción de mobiliario modular y adaptable –mediante el uso de materiales compuestos, polímeros reciclados o concretos de bajo carbono–, los diseñadores pueden responder con agilidad a las demandas emergentes de las urbes, ya sean fluctuaciones demográficas, cambios en los patrones de uso o crisis ambientales. Esta adaptabilidad se traduce en estructuras reconfigurables, como bancas extensibles o sistemas lumínicos modulares, que evolucionan en sincronía con las dinámicas urbanas.

Técnicamente, la impresión in situ –con su capacidad para emplear únicamente el material necesario, evitando excedentes– reduce drásticamente la huella de carbono asociada al transporte y almacenamiento. Procesos como la extrusión controlada de concretos fotocatalíticos o la sinterización selectiva de plásticos reciclados no solo minimizan residuos, sino que también incorporan criterios de circularidad, permitiendo la descomposición o reutilización técnica de los componentes al final de su ciclo vital. Este enfoque, alineado con los principios de la ecología industrial, transforma la fabricación urbana en un sistema cerrado, donde cada recurso se reintegra al metabolismo de la ciudad, sentando las bases para un urbanismo regenerativo y equitativo.

Impacto en la Práctica Profesional

La irrupción de la impresión tridimensional en el ámbito del diseño y fabricación de mobiliario urbano ha trascendido la mera evolución técnica para instaurar un paradigma disruptivo en la praxis profesional de arquitectos, diseñadores y urbanistas. Esta tecnología, aliada al empleo de materiales alternativos –desde polímeros reciclados hasta compuestos de base biológica–, ha reconfigurado radicalmente los procesos constructivos, expandiendo los horizontes del quehacer disciplinar y exigiendo la adquisición de competencias innovadoras. A continuación, se desglosan estas transformaciones, el perfil emergente del profesional contemporáneo y sus implicaciones en la arquitectura y el urbanismo.



Figura 6. Prototipo de mobiliario urbano para uso social

Nota: El gráfico representa el prototipo de mobiliario urbano contemporáneo y adaptado a una plaza específica, en este caso en la ciudad de Lima. Elaboración propia, 2024.

Reconfiguración de la praxis profesional

La integración de la impresión 3D en el diseño urbano ha desdibujado los límites tradicionales de la disciplina, permitiendo la creación de objetos con geometrías complejas, estructuras ultraligeras y una optimización material sin precedentes. Frente a los métodos convencionales –anclados en la serialización industrial y materiales estandarizados–, esta tecnología habilita una fabricación aditiva que prioriza la adaptabilidad contextual y la personalización. Arquitectos y urbanistas, ahora, no solo diseñan formas, si no que orquestan sistemas de producción donde cada capa extrudida responde a algoritmos de eficiencia estructural y sostenibilidad.

La capacidad técnica para emplear materiales alternativos –como concretos con áridos reciclados o bioplásticos derivados de residuos orgánicos– amplía el repertorio creativo, permitiendo soluciones que equilibran resistencia, estética y bajo impacto ambiental. Esta sinergia entre innovación material y fabricación digital ha catalizado un nuevo mercado, donde la demanda se orienta hacia proyectos que fusionan vanguardia tecnológica con principios circulares.

Colaboración interdisciplinaria y nuevas competencias

Este paradigma exige un enfoque multidisciplinar, donde convergen la ingeniería de materiales, la ciencia computacional y el diseño paramétrico. La colaboración entre arquitectos, ingenieros y científicos se ha vuelto indispensable para dominar técnicas como la sinterización láser de metales o la extrusión de concretos foto-catalíticos, procesos que requieren precisión milimétrica y conocimiento avanzado de propiedades físico-químicas. La formación profesional, en consecuencia, ha virado hacia el dominio de herramientas de modelado generativo –como Grasshopper o Dynamo–, que permiten traducir algoritmos en geometrías imprimibles, y hacia la comprensión de ciclos de vida de materiales, desde su extracción hasta su re inserción en nuevos procesos productivos. Este perfil híbrido, en sintonía con lo que Manuel Castells denominó la “sociedad red”, encarna la fusión entre creatividad artesanal y rigor técnico, posicionándose como eje de un mercado que valora la innovación responsable y la adaptabilidad constante.

En síntesis, la impresión 3D no solo ha redefinido los métodos constructivos, sino que ha reimaginado el rol del profesional urbano, transformándolo en un estratega capaz de navegar entre la precisión técnica, la sostenibilidad material y la complejidad social de las ciudades del siglo XXI.

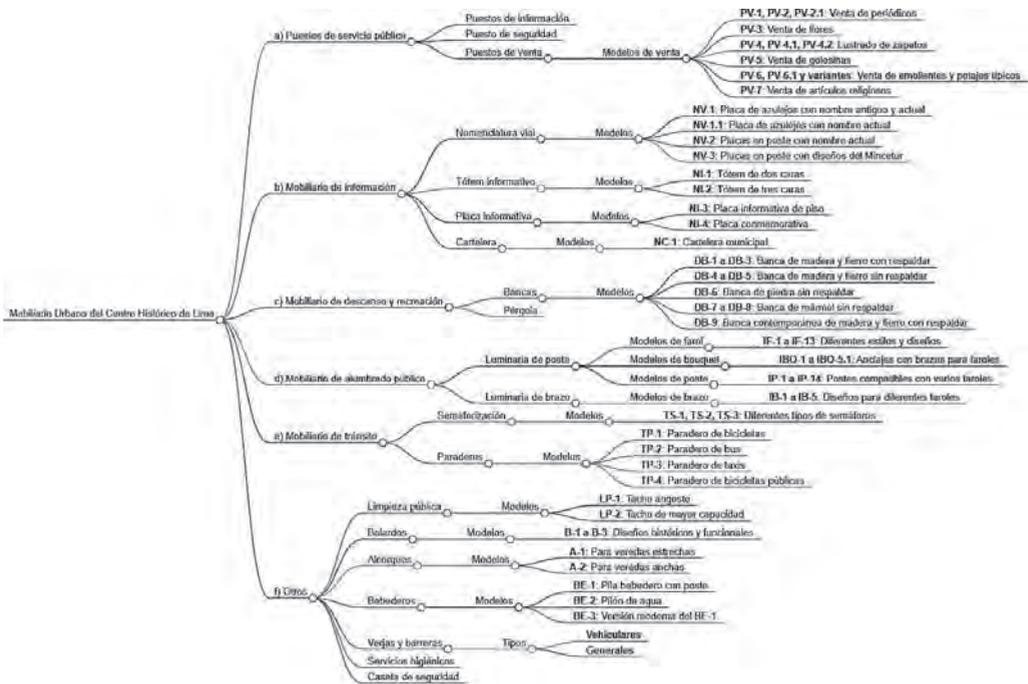


Figura 7. Prototipo de mobiliario urbano para uso social
 Nota: El gráfico representa la clasificación del mobiliario urbano en un Centro Histórico en el cual se identifica la multidisciplinariedad que requiere el enfoque profesional para la impresión 3D. Elaboración propia, 2024.

Habilidades y conocimientos necesarios

El avance de la impresión tridimensional y la incorporación de materiales alternativos han redefinido las competencias necesarias para los profesionales que aspiran a dominar estas tecnologías. En este contexto, el perfil del arquitecto, diseñador o urbanista ha evolucionado hacia una especialización en diseño computacional, ciencia de materiales y fabricación aditiva, áreas que antes eran marginales en su formación tradicional.

El diseño computacional se ha erigido como una habilidad indispensable. Ya no basta con concebir ideas en abstracto; hoy es imperativo traducirlas en modelos tridimensionales precisos, optimizados para la fabricación aditiva. Herramientas como Rhino, Grasshopper o Dynamo permiten no solo visualizar, sino también materializar geometrías complejas mediante algoritmos generativos. Este enfoque exige un equilibrio entre rigor técnico y

creatividad, donde el diseñador actúa como programador de formas que responden a criterios estructurales, funcionales y estéticos.

La ciencia de materiales ha adquirido un papel protagónico en la práctica contemporánea. Actualmente, es imprescindible que los profesionales comprendan las propiedades de compuestos avanzados –como polímeros reforzados con fibra de carbono o concretos con áridos reciclados–, así como su comportamiento bajo distintas condiciones ambientales y de carga. Estos materiales no solo amplían las posibilidades formales, sino que también responden a exigencias de sostenibilidad, reduciendo la huella ambiental y mejorando la durabilidad de los productos. La selección adecuada del material se ha convertido en un factor decisivo para el éxito de los proyectos impresos en 3D.

La fabricación aditiva demanda un conocimiento profundo de los procesos técnicos involucrados. Desde la selección de la tecnología adecuada –ya sea sinterización láser, extrusión de filamentos o deposición de concreto– hasta la calibración de parámetros como temperatura, velocidad y resolución, cada detalle influye en la calidad y funcionalidad del producto final. Además, la impresión in situ –que permite fabricar directamente en el lugar de instalación– exige un dominio avanzado de logística y operación, integrando consideraciones de transporte, montaje y ajuste en tiempo real.

En síntesis, el profesional contemporáneo debe integrar de manera armónica habilidades de diseño, ingeniería y ciencia, fusionando el rigor técnico con una visión innovadora y creativa. Este perfil multifacético no solo amplía las fronteras de la práctica arquitectónica, sino que también coloca a los urbanistas en el papel fundamental de articular y transformar entornos urbanos hacia modelos más sostenibles y flexibles.

Richard Sennett, en su obra *The Craftsman* (2008), explora cómo la innovación tecnológica no reemplaza la creatividad humana, sino que la potencia, ofreciendo nuevas herramientas para desarrollar el “oficio” en su sentido más amplio. Según Sennett, la impresión 3D es una extensión de este concepto, ya que permite a los profesionales experimentar con nuevas formas de diseño y producción, sin perder de vista la artesanía y el dominio del proceso creativo. En este sentido, las nuevas habilidades requeridas para trabajar con impresión 3D no se alejan del oficio tradicional, sino que lo complementan, permitiendo que los diseñadores combinen la innovación tecnológica con la creatividad manual.

Impacto en la sociedad contemporánea

La incidencia de estas innovaciones tecnotectónicas trasciende lo profesional para reconfigurar los fundamentos sociourbanos contemporáneos. La materialización de artefactos ecoeficientes mediante sistemas de fabricación aditiva –sintetizando geometrías complejas con precisión topológica– está replanteando los paradigmas de producción del espacio público. Este enfoque permite articular mobiliario urbano como extensiones orgánicas del territorio, donde cada componente se optimiza mediante algoritmos paramétricos que integran variables climáticas, flujos peatonales y patrones de uso.

Castells ya anticipó cómo las redes tecnológicas redefinen las dialécticas espaciales. Hoy, la impresión 3D aplicada a la escala urbana opera como un meta-sistema constructivo: su capacidad para generar estructuras reticulares de alta eficiencia estructural con polímeros

reciclados o composites minerales, posibilita infraestructuras adaptativas. Se trata de arquitecturas transformables que incorporan sensores embebidos para su retroalimentación funcional, permitiendo reconfiguraciones espaciotemporales según demandas ciudadanas. El verdadero salto cualitativo yace en los procesos participativos codificados en BIM colaborativo: herramientas de realidad aumentada permiten a los ciudadanos intervenir en modelos digitales tridimensionales, proponiendo modificaciones estructurales que se traducen automáticamente en cálculos de resistencia material y presupuestos constructivos. Esta simbiosis entre técnica y democracia urbana cristaliza en plazas modulares con bancos impresos *in situ* que registran en su estratigrafía material las huellas del co-diseño comunitario. La revolución no es meramente productiva, sino paradigmática: al sustituir los sistemas estandarizados por componentes personalizables de baja huella ambiental, se reinventa la ontología misma del proyecto urbano. Las ciudades devienen organismos tecno-materiales en perpetua metamorfosis, donde cada intervención se concibe como prototipo evolutivo de geometría variable, sintomático de nuestra era líquido-digital.

Conclusiones

La confluencia entre la impresión tridimensional y la tecno-materialidad urbana ha desplegado un nuevo capítulo en la ontología del espacio público. Este paradigma, donde la fabricación aditiva sintetiza geometrías algorítmicas con precisión topológica, trasciende la mera innovación productiva para erigirse como un acto de redefinición cultural y constructiva. La capacidad de esculpir mobiliario urbano mediante polímeros reciclados, composites minerales o concretos fotocatalíticos no solo optimiza la eficiencia estructural, sino que cristaliza una simbiosis entre resistencia material y poética espacial, donde cada banco, farola o puente deviene un organismo adaptativo en diálogo perpetuo con su entorno. La impresión *in situ*, liberada de los grilletes de la serialización industrial, encarna la democratización técnica: algoritmos paramétricos, alimentados por variables climáticas y flujos peatonales, todo lo cual permite articular distintos componentes que se integran como extensiones orgánicas del territorio. Proyectos como el puente peatonal de MX3D en Ámsterdam o las bancas modulares de Barcelona –impregnadas del legado gaudiniano– evidencian cómo la precisión milimétrica de la extrusión de concreto y la sinterización láser de acero reconfiguran no solo la materialidad, sino también la memoria colectiva inscrita en el paisaje.

En el ámbito de la sostenibilidad, esta revolución constructiva opera como un manifiesto de ecología industrial. La fabricación aditiva, al emplear únicamente la masa material necesaria –ya sea mediante termoplásticos reprocesados o biomateriales derivados de micelio– reduce drásticamente los residuos y establece un metabolismo urbano circular. La integración de sensores embebidos en estructuras reticulares transforma el mobiliario en entidades dinámicas, capaces de retroalimentarse con datos ambientales y reconfigurar espaciotemporalmente, anticipando así las demandas líquidas de la modernidad baumaniana.

La praxis profesional, por su parte, ha mutado hacia un *homo faber* digital: arquitectos y urbanistas, ahora estrategas de algoritmos generativos y ciencia de materiales, orquestan

sistemas donde el diseño computacional y la resistencia estructural convergen. Herramientas como BIM colaborativo y realidad aumentada tejen una red de codiseño ciudadano, donde cada intervención urbana registra estratégicamente las huellas de la participación comunitaria, fusionando técnica y democracia en un mismo acto constructivo.

Hacia un nuevo programa de estudios

En consonancia con este escenario, se plantea un sílabo enfocado en el diseño de mobiliario urbano a partir de la impresión 3D y el uso de materiales alternativos. Con una duración de dieciséis semanas y un abordaje teórico-práctico, el curso profundiza en los principios de creatividad y personalización que ofrece la fabricación aditiva, la integración de metodologías digitales avanzadas –como el modelado paramétrico y BIM–, y la aplicación de estrategias de sostenibilidad basadas en la optimización de recursos. El esquema de evaluación combina proyectos integradores, prácticas de prototipado y análisis de casos, promoviendo la participación activa del estudiante en la generación de soluciones urbanas innovadoras. Este enfoque interdisciplinario prepara a los futuros profesionales para liderar la transformación de los entornos urbanos, conciliando la eficiencia tecnológica con la dimensión cultural y social del espacio público.

En última instancia, las ciudades emergen como organismos tecno-materiales en perpetua metamorfosis, donde la impresión 3D no es solo un método, sino una filosofía proyectual: un llamado a reimaginar la urbe como un palimpsesto de capas adaptativas, donde cada elemento –desde un banco hasta un puente– encarna la tensión entre tradición y vanguardia, entre lo estático y lo fluido, sintomático de una era donde la arquitectura se desmaterializa en código para renacer, una y otra vez, como artefacto de resistencia poética y sostenible. (ver gráfico)

Sección	Contenido
Carrera	Arquitectura / Mecatrónica / Ingeniería / Tecnología
Curso	Diseño de Mobiliario Urbano con Impresión 3D y Materiales Alternativos
Nivel	Avanzado
Duración	16 semanas (4 unidades)
Horas semanales	4
Modalidad	Teórica-práctica
Docente	Eduardo García Yzaguirre
Descripción del Curso	El curso aborda el diseño de mobiliario urbano mediante el uso de impresión 3D y materiales alternativos, destacando su impacto en la creatividad, sostenibilidad y práctica profesional. A través de una metodología interdisciplinaria, se promueve la innovación tecnológica aplicada al diseño urbano, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

>>> sigue en la pág. 166

Objetivo General	Explorar las oportunidades creativas y sostenibles que ofrece la impresión 3D en el diseño de mobiliario urbano, así como su impacto en la práctica profesional y en los entornos urbanos.
Competencias	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñar mobiliario urbano innovador aplicando impresión 3D y materiales alternativos. 2. Incorporar principios de sostenibilidad en proyectos de diseño. 3. Analizar la influencia de las nuevas tecnologías en la práctica del diseño urbano. 4. Fomentar la personalización y adaptabilidad en entornos urbanos.
Unidad	Temas
Unidad 1: Impacto de la Impresión 3D en la Creatividad y Personalización	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evolución del mobiliario urbano y su función cultural. 2. Impresión 3D: principios básicos y tecnologías emergentes. 3. Creatividad y diseño generativo en mobiliario urbano. 4. Estudio de casos: proyectos pioneros de mobiliario impreso en 3D.
Unidad 2: Materiales Alternativos y Sostenibilidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción a materiales sostenibles en impresión 3D. 2. Economía circular y reciclaje en el diseño urbano. 3. Análisis de biomateriales y compuestos avanzados. 4. Evaluación del impacto ambiental del mobiliario urbano.
Unidad 3: Aplicaciones Profesionales de la Impresión 3D	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nuevas habilidades y conocimientos para el diseño digital. 2. Fabricación aditiva: retos y oportunidades en el diseño urbano. 3. Integración de BIM en proyectos de mobiliario impreso. 4. Estrategias de implementación in situ para mobiliario urbano.
Unidad 4: Innovación y Futuro del Mobiliario Urbano	<ol style="list-style-type: none"> 1. Personalización y adaptabilidad en entornos contemporáneos. 2. Diseño participativo y co-creación en espacios públicos. 3. Modernidad líquida y su influencia en el diseño urbano. 4. Visión futura: impresión 4D y avances tecnológicos.
Metodología	<ul style="list-style-type: none"> - Teórica: Clases expositivas, análisis de lecturas y casos. - Práctica: Talleres de diseño con software especializado, prototipado en impresión 3D. - Evaluación: Proyectos aplicados y debates interdisciplinarios.
Evaluación	Peso (%)
Proyecto integrador	40%
Prácticas y prototipos impresos	30%
Participación y análisis de casos	20%
Examen final	10%

Gráfico 1 . Propuesta para curso de mobiliario urbano con impresión 3D

Nota: El gráfico representa la propuesta de sílabo para el curso de Mobiliario Urbano con Impresión 3D. Elaboración propia, 2024.

Referencias

- Alhajaj, M.S.A.A., Mohamed Ahmed Hassan, O. , El Khattat, Mohamad A..A.A. (2024). *The Role of 3D Printing Technology in Furniture Design and Manufacturing*. Dirasat: Human and Social Sciences.
- Arruda, A., Moroni, I., Bezerra, P. Silva, P. Balestra, P. (2017). *Practical urban: The urban furniture and its relationship with the city*. Universidad Federal de Pernambuco
- Burry, M. (2011). *Scripting Cultures. Architectural Design and Programming*. John Wiley and Sons Ltd.
- Grabiec, A.M., Lacka, A., Wiza, W. (2022). *Material, Functional, and Aesthetic Solutions for Urban Furniture in Public Spaces*. Sustainability
- Jbarah, Y.A. , Shalabi, M. , Ahmed, Z., Beheiry, S.M. (2024). *Advancing Sustainable Housing: The Impact of 3D Printing Technologies*. World Journal of Science, Technology and Sustainable Development.
- Kravchenko, G.A., Pasqualetto, A., Ferreira, E.M. (2016). *Application of industrial ecology principles in the furniture Goiás companies*. Engenharia Sanitaria e Ambiental.
- Harvey, D. (1990). *La condición de la posmodernidad*. Amorrortu editores.
- Miranda, A.E. (2019). *Urban furniture design, identity, and collective memory*. International Journal of Architectonic, Spatial, and Environmental Design.
- Rinaldi, A., Caon, M., Khaled, O.A., Mugellini, E. (2019). *Designing urban smart furniture for facilitating migrants' integration: The co-design workshop as approach for supporting inclusive design*. Advances in Intelligent Systems and Computing.
- Sipahi, S., Sipahi, M. (2024). *Raw Material Stage Assessment of Seating Elements as Urban Furniture and Eco-Model Proposals*. Sustainability.
- Ukabi, E., Gurdalli, H. (2021). *Comparative study on restaurants' furniture: Ginkgo and niazi's restaurants in famagusta, Cyprus*. Civil Engineering and Architecture.
- Wan, P.H., Siu, K.W.M. (2007). *Quality in design: Creating identity in street furniture design*. Proceedings - 13th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design, 2007
- Wirdelöv, J. (2020). *The trash bin on stage: On the sociomaterial roles of street furniture*. Urban Planning.
- Yasar, D. (2023). *Urban Furniture in the Framework of Economic, Social, and Environmental Sustainability*. Street Art and Urban Creativity.
- Yeang, K. (2006). *A Manual for Ecological Design*. London: Wiley-Academy.

Abstract: Urban furniture transcends mere utilitarian function to embody a material poetics of human- environment symbiosis. Through 3D printing–sculpting concrete and recycled composites into algorithmic geometries—it enables the questioning and overcoming of traditional design paradigms based on standards that have proven inadequate for addressing today’s challenges of sustainability and adaptability. In doing so, it gives rise to adaptive structures that integrate structural strength with circular metabolism. This additive revolution—both precise and sustainable—not only minimizes waste through

on-site fabrication but also redefines the landscape as a living organism. The incorporation of these innovations in academia produces professionals who work with hybrid techniques, combining material science and BIM modeling, and who are capable of weaving cities aligned with the SDGs (Sustainable Development Goals) and the ethics of the fourth industrial revolution, where every bench or bridge stands as a technical-philosophical manifesto of our time.

Keywords: Urban design - BIM modeling - Contemporary city - 3D printing

Resumo: O mobiliário urbano transcende o utilitário para encarnar uma poética material da simbiose entre o ser humano e o ambiente. A impressão 3D, ao esculpir concreto e compósitos reciclados em geometria algorítmica, permite questionar e superar paradigmas de design tradicionais, baseados em cânones que se mostraram inadequados para enfrentar os desafios de sustentabilidade e adaptabilidade da era atual. Dessa forma, erguem-se estruturas adaptativas que integram resistência estrutural e metabolismo circular. Essa revolução aditiva –precisa e sustentável– não só minimiza resíduos por meio da fabricação in situ, mas também redefine a paisagem como um organismo vivo. A incorporação dessas inovações na academia forma profissionais que trabalham a partir de técnicas híbridas, combinando a ciência dos materiais e o modelamento BIM, e que são capazes de tecer cidades alinhadas com os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) e com a ética da quarta revolução industrial, onde cada banco ou ponte se ergue como um manifesto técnico-filosófico do nosso tempo.

Palavras-chave: Design urbano - Modelagem BIM - Cidade contemporânea - Impressão 3D

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]
