

TC-15

**LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA ARQUITECTURA  
DESDE LA PERSPECTIVA DE LA SOSTENIBILIDAD**

Velandria, Velquis

Escuela de Arquitectura Carlos Raúl Villanueva (EACRV), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Caracas  
velandriarquitecto@yahoo.com

**1. Tecnología constructiva innovadora Sipromat**

Sipromat es un conjunto de componentes constructivos que instalados según sencillas instrucciones de ensamblaje y montaje permite construir viviendas económicas. Se basa en el uso de la lámina de acero galvanizada ultra delgada, como único insumo para producir paneles estructurales autoportantes de lámina corrugada ó preformada. Estos paneles poseen las conocidas virtudes del acero en cuanto a: resistencia, versatilidad y bajo peso, y permiten concebir una tecnología que apunta a incrementar los rendimientos de producción y a disminuir el requerimiento de mano de obra calificada en la construcción de viviendas, favoreciendo de esa manera las labores de autoconstrucción, autogestión y construcción masiva de edificaciones.

La lámina de acero negro proveniente del planchón producido por la industria siderúrgica venezolana SIDOR, es el primer insumo de la cadena productiva de Sipromat. Luego de un primer proceso de laminado en caliente el planchón llega a espesores de hasta 2 mm y en un segundo proceso de laminado en frío se reduce la lámina de 2mm hasta espesores entre 0,45 mm y 0,60 mm. El acero utilizado es elaborado según la norma internacional ASTM (American Steel Trade Mark). Las láminas de pequeños calibres se presentan en bobinas para su posterior galvanizado, su peso final por m<sup>2</sup> es de 4,459 kg.

Sipromat está constituido por un componente básico de ancho útil igual a 600 mm y ancho total igual a 710 mm, que proviene de la lamina de 1200 mm utilizada sin generar desperdicio, y se produce en longitudes que varían desde 300 mm hasta 12000 mm y tres accesorios de acoplamiento: riel U, tapa C, suplemento S. El componente y los accesorios permiten ejecutar los diferentes detalles constructivos típicos de la tecnología. (4)

El componente básico cumple las funciones de elemento autoportante-estructural tanto en la posición vertical (muro portante), como en la posición horizontal utilizado como entrepiso ó en la posición inclinada como, cerramiento-cubierta. (Figura 1)



Figura 1. Componente básico Sipromat.

Fuente: Manual de producción, uso y aplicaciones de la tecnología Sipromat.

Su forma simétrica y los ángulos de 45 y/o 90 grados utilizados en la conformación geométrica de sus dobleces, permiten la unión de componentes para formar planos resistentes verticales planos resistentes horizontales ó tabiquería y cerramientos internos, según una gama muy versátil de acoplamientos y dimensiones (5) y además facilita su producción en trenes de perfilamiento continuo. (Foto 1)



Foto 1. Plano portante Sipromat. Fuente: Propia

Con los componentes Sipromat se "arma" la totalidad de la edificación, que posteriormente recibe superficies de friso seco, como por ejemplo el yeso-cartón ó dry wall ó láminas de fibrocemento para interiores ó exteriores, mallas metálicas, madera y otros revestimientos o mezclas de mortero de cementos.(Figura 2)

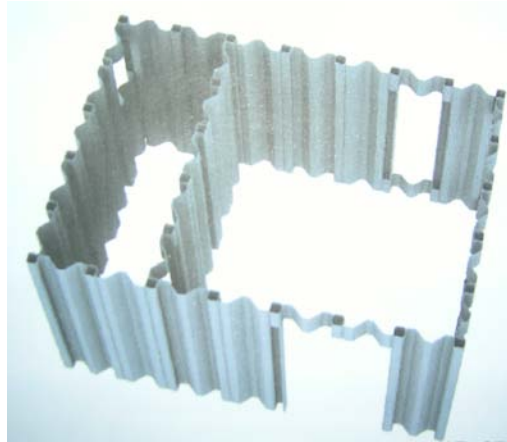


Figura 2. Caja resistente Sipromat. Fuente: Propia

## **2.1 Sostenibilidad de la construcción y las edificaciones. Agenda 21 sobre construcción sostenible.**

La Agenda 21 es un programa para desarrollar la sostenibilidad a nivel planetario, aprobado por 173 gobiernos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en la Cumbre de Río de Janeiro en 1992. Abarca aspectos económicos, sociales y culturales, así como relativos a la protección del Medio Ambiente. Su capítulo 28 anima a las comunidades locales a crear su propia versión, una Agenda 21 Local.

La Agenda 21 sobre Construcción Sustentable menciona concretamente entre sus objetivos: desarrollo de energía de baja incorporación en materiales y tecnologías de construcción, minimización de las necesidades de transporte para la construcción y demolición, desarrollo de metodologías para el ahorro y reciclado de materiales de construcción, re uso y sustitución por materiales renovables esto incluye aspectos de durabilidad, fácil desarmado, dimensiones normalizadas, nuevas técnicas de demolición, materiales no tóxicos, desarrollo de formas para la selección y el uso eficiente de materiales, de materiales nuevos e innovadores, de procesos de restauración que provoquen una interrupción mínima a los ocupantes y al ambiente inmediato incluyendo sistemas modulares adaptados, mejora del comportamiento de los materiales de construcción, entre otros. (6)

El tema de la sostenibilidad ocupa desde hace años espacios en el que hacer arquitectónico y de innovación tecnológica en países europeos, pese a ello, podemos observar aun a nivel regional y más específicamente en nuestro país, como las ineficientes practicas en el sector de la

construcción, la irresponsabilidad de propuestas arquitectónicas insostenibles y la ineficiencia en las políticas de estado para la regularización y normalización de procesos de transformación de materia prima y de construcción de edificaciones persiste sin vislumbrar cambios significativos, pese a los esfuerzos en investigación y desarrollo que poseen nuestras universidades.

## 2.2 Estrategias de la sostenibilidad

Con base en la Agenda 21 desde la academia (Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción/FAU/UCV) se diseñaron seis estrategias específicas para la sostenibilidad de la construcción y las edificaciones, enfatizando que cualquier innovación debe evaluar el posible impacto ambiental de su aplicación en lo referente a extracción de recursos y energía así como, en la contaminación y generación de residuos (1) y (3). Dichas estrategias son:

1. Reducción del consumo de recursos, trata de impulsar la racionalización de materiales por m<sup>2</sup> de construcción así como, el esfuerzo hacia la reutilización y el reciclaje.
2. Eficiencia y racionalidad energética, se considera en esta, el ciclo de vida de las edificaciones, desde la extracción de materia prima, materiales, componentes, pasando por la construcción en sitio, uso y mantenimiento de la edificación y la energía incorporada.
3. Reducción de la contaminación y toxicidad, fomenta la reducción de emisiones en el ciclo de vida de los materiales empelados en una edificación, su impacto y las medidas para mitigarlo en ese orden de ideas, plantea la no utilización de materiales peligrosos para la salud tales como, el asbesto, plomo, PVC.
4. Construir bien desde el inicio, diseñar con miras al desarrollo progresivo, con flexibilidad para la adaptación de nuevas necesidades, con calidad, menor costo, todo esto para un larga vida útil de la edificación.
5. Cero desperdicio, involucra dos aspectos fundamentales: *la prevención* o diseño preventivo aplicando la coordinación modular y dimensional así como, las prácticas constructivas en el sitio de obra y *la valorización* bajo la forma de reutilización y reciclaje.
6. Producción local y flexible, propicia la descentralización y aprovechamiento de los recursos y habilidades locales a través de unidades de producción de escala local.

### 2.3 El Análisis del Ciclo de Vida-ACV de la construcción

Desde un planteamiento sostenible del proyecto, sabemos que el proyectista no solo debe ocuparse del alcance y la gama de las necesidades de la población y del uso del ecosistema de la biosfera y los recursos de la Tierra, como recursos o aportes, sino también de la forma en que esos elementos son extraídos, almacenados, ensamblados, utilizados y, finalmente evacuados o reciclados.

Para facilitar esa tarea, se debe conceptualizar el medio edificado como un flujo de energía y materiales desde su fuente origen en la tierra hasta su lugar de vertido a lo largo de un ciclo de vida.

Cerrar el Ciclo de Vida (ACV) de las edificaciones implica múltiples dificultades, en virtud de su individualidad y larga vida. Ello se debe a que las edificaciones no son diseñadas o construidas para ser reconstruidas o desensambladas, porque los materiales y componentes tampoco lo son, porque estos suelen ser compuestos o acoplados, unidos con morteros y pegamentos, lo que dificulta el reciclado e incluso su reutilización.

Una parte significativa de los insumos que entran al proceso de producción, salen bajo la forma de chatarras metálicas, arena, piedra, tierra, argamasa, mezclas de escombros de concreto y cerámica, papel y cartón. De ahí la importancia del estudio del ciclo de vida de los materiales y las construcciones:

- La optimización en el uso de los recursos
- La búsqueda de oportunidades de innovación tecnológica
- La evaluación de los residuos y desechos aprovechables
- La reducción del consumo energético
- La protección del ambiente.

La innovación tecnológica en este ámbito de acción, puede producirse dentro de un proceso de evaluación técnica y ecológica coherente con las variables económicas y socio culturales.

La vivienda es el objeto más notable y dominante del medio ambiente, porque es el que ocupa la mayor parte del espacio urbano. Los materiales y componentes constructivos tienen un peso del 60 al 70% en la estructura de costo de la construcción de viviendas, la mano de obra y otros gastos son relativamente manejables y tienen poca influencia en las variaciones de costos.(3)

Es difícil en las construcciones de viviendas, reducir la cantidad de materiales utilizados sin que ello implique reducir la calidad y el confort. Esto está vinculado al tamaño o volumen y calidad del espacio habitable que tiene una amplia demanda de materiales. Aunado al bajo nivel tecnológico de la construcción, la generación de una enorme cantidad de residuos y desperdicios que afectan el costo de la vivienda y dañan inexorablemente al medio ambiente.

Diremos entonces, que existen varios procesos de transformación en los cuales, hay tanto flujos económicos como ambientales; tales procesos utilizan una cantidad importante de energía que conforman los flujos de entrada y salida. Veamos cómo se traduce esto.

Las materias primas son materiales no elaborados de origen mineral o biológico, cuya localización corresponde a las actividades de prospección de recursos renovables (vegetales y forestales) y no renovables (minería). Los materiales básicos provienen del proceso de extracción, selección, clasificación de materia prima e inclusive de un proceso industrial primario. Ejemplo mineral de hierro, arcilla de alfarería.

Los materiales básicos se producen en un 1er proceso de transformación que realiza la industria de los materiales de la construcción. Ejemplo: barras, perfiles y láminas de acero y aluminio, madera aserrada, cemento, ladrillos y bloques. Son utilizados directamente en la producción de edificaciones o van a un 2do proceso de transformación, para incorporarles mayor valor agregado antes de su uso.

Los componentes y accesorios constructivos son el producto de ese 2do proceso de transformación que manufactura materiales o partes complejas de mayor valor agregado, realizado en talleres y plantas industriales y manufactureras, de prefabricación de componentes, etc., donde se producen ventanas, puertas, paneles o losas prefabricadas, piezas y accesorios sanitarios, etc.

Las edificaciones y obras civiles constituyen la tercera salida del 3er proceso de transformación realizado por las empresas constructoras en el sitio de la obra o por los propios consumidores, individuales o colectivos, en actividades de autoproducción o autoconstrucción. Como todos los bienes materiales las construcciones se tornan obsoletas en su largo ciclo de vida haciéndolas reincorporar a la fase de construcción, para nuevas obras de mantenimiento, remodelaciones, ampliaciones.

A su vez, todo este uso, reacondicionamiento y demolición genera desechos y residuos que pueden ser re-usados o reciclado para producir nuevos materiales básicos y/o de construcción.

### **3. Aprendizaje experimental de la sostenibilidad a través del uso de una tecnología innovadora en acero.**

Dada la multiplicidad de factores a considerar en la producción y construcción de viviendas y la importancia del ciclo de vida de los materiales y de las edificaciones, concebimos varias etapas en la experiencia docente, para generar destrezas y habilidades del estudiante en torno al manejo, uso y aplicación de una tecnología constructiva en acero. Para ello, se aplicaron varios principios de sostenibilidad, que a continuación se mencionan:

#### **3.1 Deconstrucción**

La posibilidad de reutilizar el material es de suma importancia en la construcción sostenible de edificaciones ya que permite un aprovechamiento racional del material y evita la generación y acumulación de desechos en el medio ambiente una vez cumplida su función en la edificación. En ese orden de ideas, Sipromat cumple con dicho requisito ya que por sus características de componente que se ensambla con tornillos y juntas secas, permite el desmontaje y/o deconstrucción. (fotos 2 y 3)



Foto 2. Deconstrucción de prototipo. Fuente: propia



Foto 3. Deconstrucción de prototipo Sipromat  
Fuente: Propia

### 3.2 Reutilización del material

El reuso de las partes de una edificación es de suma importancia, en el caso Sipromat esto se patenta con la posibilidad de utilizar sus componentes una vez desmontados en otras edificaciones incluso con otro uso (ya sea como cerramiento, pared o cubierta) ya que durante el proceso de desmontaje el material no se daña ni sufre deformaciones considerables. (Fotos 4,5,6 y 7)





Foto 4. Selección de material para re-utilizarlo  
Fuente: Propia



Foto 5. Limpieza de material para re-utilizarlo  
Fuente: Propia



Foto 6. Presentación de material



Foto 7. Preparación de material para re- utilizarlo  
Fuente: Propia

### 3.3 Almacenaje y apilamiento

El bajo rendimiento de transporte en la construcción tradicional versus el alto rendimiento de transporte por la condición apilable y el bajo peso del componente Sipromat (relación peso/volumen) fue un punto importante en la enseñanza de la sostenibilidad aplicada al uso de una tecnología innovadora así como, el correcto almacenaje permitiendo con esto, el uso del espacio o terreno de manera racional.(Fotos 8, 9)



Foto 8. Apilamiento y almacenaje del material  
Fuente: Propia



Foto 9. Apilamiento y almacenaje del material  
Fuente: Propia

### 3.4 Manejo y transporte

Dado el peso ligero que posee el componente básico (CB) Sipromat de 4,459 kg con dimensiones de 600 mm x 3000 mm es de fácil manejo ya que no requiere maquinaria pesada para su movilización, dos estudiantes e incluso uno puede cargar un CB. (Fotos 10 y 11)



Fotos 10 y 11. Manejo del material  
Fuente: Propia

### 3.5 Coordinación modular

Permitir las transformaciones y el rediseño interior, así como el desarrollo progresivo de las edificaciones, implica también un acercamiento al desarrollo de sistemas que minimicen la afectación del medio ambiente. Aplicando criterios modulares y de coordinación dimensional, con Sipromat los componentes pueden llegar a la obra y ser instalados sin modificaciones en sus dimensiones evitando así, cortes y roturas que generan desperdicio. (Fotos 12 y 13)



Fotos 12 y 13. Coordinación modular de paneles  
Fuente: Propia

### 3.6 Ensamblaje y montaje

En el caso Sipromat, su geometría es de fácil comprensión logrando no requiere mano de obra especializada. Los paneles poseen tecnología incorporada a través de su forma, lo cual permite que su ensamblaje y montaje sea fácil asimilación por parte de los usuarios. (Fotos 14 y 15). El montaje por su parte, de los planos portantes se puede realizar de diferentes modalidades; montaje de paneles uno a uno hasta el montaje de planos portantes pre-ensamblados en mesas de panelización para su presentación in situ.



Fotos 14 y 15. Montaje de paredes portantes Sipromat  
Fuente: Propia



### 3.7 Fijaciones secas

Las técnicas de construcción seca, es decir la utilización de formas de construcción y de unión entre componentes sin utilizar materiales húmedos, por ejemplo: a través de tornillos, remaches, soldaduras facilitan la recuperación de materiales y su re-utilización, en lugar de generar desechos. Las fijaciones utilizadas con la tecnología constructiva descrita se realizan con tornillos. (Fotos 16 y 17).



Fotos 16 y 17. Fijaciones de paneles portantes Sipomat  
Fuente: Propia

### 3.8 Aplicación de revestimientos secos

Racionaliza el uso de los materiales y del consumo de agua en obra, premisa importante en la construcción sostenible y posible con Sipomat ya que recibe superficies de friso seco, como por ejemplo el yeso-cartón ó dry wall ó láminas de fibrocemento para interiores ó exteriores, mallas metálicas, madera y otros revestimientos. (Fotos 18, 19, 20 y 21)



Fotos 18, 19, 20 y 21. Aplicación de revestimientos secos al prototipo Sipromat  
Fuente: Propia

### 3.9 Producción local y flexible

No requerir mano de obra especializada, sofisticados equipos y complejas herramientas para las labores de construcción del modulo es otra de las características de la tecnología constructiva mencionada y que permite que la producción de edificaciones pueda ser abordada a través de pequeñas unidades de producción. (Fotos 22, 23, 24 y 25)

Sipromat disminuye los tiempos de ejecución, es posible construir una vivienda en pocas jornadas de trabajo. La posibilidad de organización de redes locales de productores que se complementan entre sí, logran optimizar los tiempos de producción. En la experiencia docente esto se materializó con la organización de cuadrillas de cuatro y cinco estudiantes con tareas específicas.



Fotos 22, 23, 24 y 25. Organización en cuadrillas de estudiantes para las diversas labores de producción del prototipo modular con tecnología Sipomat  
Fuente: Propia

#### 4. Conclusiones

- El aprendizaje de la sostenibilidad empleando tecnologías constructivas reales es más eficiente ya que prevalece el hecho constructivo como medio para fijar y apropiarse del conocimiento teórico.
- La experiencia docente resultó ser un laboratorio muy valioso en términos de la enseñanza de la tecnología de manera experimental. Se pudo constatar mediante la observación y seguimiento del desenvolvimiento de los estudiantes, la adquisición de nuevos conocimientos y de nuevas competencias en el uso y aplicación sostenible de una tecnología constructiva en acero.
- Se logro desarrollar competencias en el uso de una tecnología innovadora así como, habilidades y destrezas diferentes a las requeridas en la construcción tradicional, incluidas las etapas iniciales del diseño con visión sostenible.
- Es fundamental conocer el Ciclo de Vida de las Edificaciones en acero y construir bien desde el inicio para un mejor aprovechamiento del material.

- El acero es un material versátil, brinda compatibilidad y permite transformaciones para adaptarse a nuevas necesidades sin generar desperdicio.
- El acero permite la construcción seca, deconstrucción limpia (no demolición) y reutilización de componentes constructivos.
- Se fomentó la toma de conciencia en el estudiante acerca de cómo el uso de algunas tecnologías innovadoras propician la construcción sostenible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Acosta, D. (2002) *Arquitectura y construcción sostenibles: propuestas y experiencias profesionales y académicas*. Trabajo de ascenso para la categoría de Profesor Asociado. IDEC/FAU/UCV. Caracas

[2] Acosta, D. (2003). *Hacia una arquitectura y una construcción sostenibles: el proyecto para el edificio sede SINCOR (Barcelona Estado Anzoátegui)* en Revista Tecnología y Construcción N°19-II (2003) pp.9-22

[3] Cilento, A. (1998). *Tendencias tecnológicas en la producción de viviendas*. Caracas. Interciencia Vol. 23, N°1.pp.26-32. Caracas.

[4] González, A. (1991). *SIPROMAT. Tecnología constructiva a base de lámina delgada de acero galvanizado para la producción de vivienda progresiva dirigida a los sectores de bajos ingresos*. Trabajo de tesis de Maestría. Caracas. IDEC/FAU/UCV.

[5] González, A; Perdomo, M. y Velandria, V. (2005). *Manual de producción, uso y aplicaciones de la tecnología Sipromat*. Caracas. IDEC/FAU/UCV

[6] Sjöström, C. (2001) *Aproximaciones a la sustentabilidad en la construcciones de edificios*. Versión resumida de la traducción y adaptación del artículo de C. Sjöström (Universidad de Gävic, Suecia) publicado en *Structural Concrete* (2001) en Revista Tecnología y Construcción N°26-I (2010) pp.58-64