

## LA ESTRUCTURA EN OBRAS DE ARQUITECTURA SUSTENTABLE - SALON DE USOS MULTIPLES EXPERIMENTAL - INTI CORDOBA

Eje 2: Tecnología para la construcción sustentable

**Ing. Culasso Maria Gabriela<sup>1</sup>**

**Ing. Aramburu Maria Dolores<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño-UNC, Argentina, [ingculasso@gmail.com](mailto:ingculasso@gmail.com)

<sup>2</sup> Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño-UNC, Argentina, [maridolores.aramburu@gmail.com](mailto:maridolores.aramburu@gmail.com)

### RESUMEN

El presente trabajo expone una experiencia de trabajo en equipo interdisciplinario para el desarrollo de un edificio público con técnicas de bio construcción. En él se relata el desarrollo del anteproyecto del SALON DE USOS MULTIPLES EXPERIMENTAL (SUME) del INTI CORDOBA, que se encuentra en etapa de proyecto ejecutivo en la actualidad.

Este edificio constituye un ejemplo no solo por las técnicas empleadas sino por el formato de trabajo profesional realizado, donde se reunieron especialistas en bio arquitectura y estructuras y mediante un trabajo diseñado bajo una consigna inédita participativa entre INSTITUCIONES, por el CAPC profesionales del grupo de Bioconstrucción–Bioma del IAS junto a estudios de arquitectura locales, ingenieros, organizaciones de la sociedad civil, la Universidad Nacional de Córdoba, la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) y el INTI, a través de sus centros de Construcciones, Energía, Energías Renovables, Madera y Muebles, Córdoba y el Programa de Tecnologías Sustentables.

Se resuelve este proyecto con una gestión horizontal, su consigna es abarcar todos los aspectos posibles con técnicas de arquitectura sustentable, desde el uso de sistemas pasivos de enfriamiento y calefacción, de energía solar y materiales naturales, apuntando a huella ecológica cero. Esto también involucra la estructura conformante del espacio, que tiene tres resoluciones diferentes frente a diferentes requerimientos espaciales, de uso y de materialidad, y que constituye el aspecto que desarrollamos en este equipo.

Se detallan aspectos generales del proyecto, las técnicas utilizadas y se hará énfasis en el formato de trabajo y en el desarrollo de la estructura para dar materialidad a este salón con las técnicas de TAPIAL, ADOBE y QUINCHA, así también con el uso de BLOQUES DE SUELO CEMENTO BTC.

En nuestro rol de profesionales de ingeniería especializadas en Estructuras, nos involucramos en esta tarea, pero también siendo docentes de grado y posgrado de la Carrera de Arquitectura tomamos la decisión de que esto se incorpore al dictado de la materia Estructuras IB de Nivel 2, mediante un módulo donde especialistas locales en bio construcción desarrollan ejemplos de



obras de arquitectura y el uso de estructuras adecuadas a estas técnicas de construcción bio sustentable.

El rol del estado en este tipo de emprendimientos es fundamental, porque permite los desarrollos de estas técnicas con un fin social, educativo y de desarrollo que este al mismo tiempo independizado de la variable económica pensada en términos de ganancia o pérdidas.

## **PALABRAS CLAVES: ESTRUCTURAS - ARQUITECTURA - BIOCONSTRUCCION - ESTADO**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En un contexto social en el cual el cuidado del medio ambiente se encuentra entre los debates centrales. Medido en HUELLA DE CARBONO (HC) que representa las emisiones de gas efecto invernadero emitidos por un individuo, evento o producto y la HUELLA ECOLOGICA (HE) medida en el “área de territorios bio productivo necesaria para producir y para asimilar los residuos producidos por una población o actividad en un periodos y/o lugar<sup>1</sup>” considerando que, el efecto a largo plazo del uso de determinados productos o sistemas de trabajo, nos brinda la oportunidad de realizar cambios en nuestra tarea profesional, incorporando la variable ambiental y brindando nuevas herramientas a las generaciones actuales o futuras.

Si tenemos en cuenta que, la industria de la construcción tiene gran incidencia en la HC y la HE, en su mayor parte por la producción de materiales tradicionales (CEMENTO, ACERO, LADRILLOS) o la falta de consideración de uso de sistemas pasivos de climatización, estudios de las orientaciones y la disminución de energías activas para introducir calor o frío en los ambientes, así como no considerar el uso energía solar para calentamiento de agua o producción de energía eléctrica, nos encontramos con una tarea que requiere muchos cambios, fundamentalmente constituye un cambio de paradigma.

Un camino es volver a los sistemas de construcción con técnicas ancestrales utilizando la tierra del entorno e incorporarles las nuevas tecnologías digitales para su diseño y aprovechamiento, otro es el aprovechamiento de energía solar, acondicionamientos climáticos pasivos y uso de materiales cuya huella ecológica sea menor. Este desafío no puede ser en solitario o individual, sino que requiere que se involucren asociaciones de profesionales y el Estado mediante sus instituciones aportando apoyo económico, tecnológico y científico para su desarrollo y puesta en marcha.

Este trabajo constituye un ejemplo en este camino, en un formato colaborativo se ha desarrollado un proyecto de edificio público, un SALON DE USOS MÚLTIPLES EXPERIMENTAL en INTI-CORDOBA, mediante un convenio entre OFICINA DE TECNOLOGIAS SUSTENTABLES INTI, el COLEGIO DE ARQUITECTOS DE CORDOBA y un GRUPO DE PROFESIONALES INDEPENDIENTE: Arquitectos, Ingenieros, Biólogos, Agrónomos, especialistas en diferentes áreas. Esto también ha involucrado a las Facultades de la UNC y la UCC que aportan desarrollos y apoyo científico o técnico.

---

<sup>1</sup> W. Rees and M. Wackernagel 1996



Este edificio intenta conformarse como un ejemplo en el uso de bio arquitectura y también de gestión colaborativa y constituirá un espacio de enseñanza y experimentación de estas técnicas con fines de su DIFUSION en la industria de la construcción y en la enseñanza de las nuevas generaciones de profesionales del área.

En este trabajo se muestra como se ha realizado el desarrollo de la Estructura portante de los espacios generados y como se ha trabajado en ese contexto.

## 2. DESARROLLO

Se realiza una propuesta de estructura portante independiente y de envolventes del salón de usos múltiples SUME-INTI y sector de servicios de este salón, utilizando construcción con criterios de sustentabilidad.

Se decidió utilizar **estructura portante** de madera, y para la tipología adoptada se trabajó en base a los siguientes criterios:

- La **estructura representa una variable de diseño preponderante**, teniendo en cuenta la tipología de los cerramientos y la necesidad de generar espacios sin apoyos intermedios, lo cual obligaba al uso de elementos estructurales de dimensiones significativas.
- **Uso eficiente de los materiales** lo cual se tuvo en cuenta en la elección de las secciones más adecuadas, tanto en el funcionamiento estructural como la necesidad de preparación previa y desperdicio generado por determinadas formas seccionales. La madera seleccionada fue así Eucaliptus Grandis, de forestación, por ser factible de conseguir en dimensiones longitudinales del orden de los 10 o 12 metros. Se utilizarán principalmente en forma de rollizo para evitar el descarte de material y el costo del corte para obtener secciones rectangulares.
- **Percepción sensorial del material** natural dentro de una propuesta de este tipo en la cual la estructura principal se dejaría a la vista como síntesis de conexión con la naturaleza.
- **Baja** industrialización que reduce la **huella de carbono y con baja huella ecológica** por la rapidez con que se degrada una vez finalizada su vida útil.

Se trabajó en todo momento con la propuesta arquitectónica, el programa, y los especialistas en técnicas de construcción o de acondicionamiento bio-climático. En todas las etapas de este anteproyecto las decisiones han sido tomadas en conjunto de manera de obtener una sinergia de todas las variables en el resultado final.

La **propuesta estructural** contempla la construcción de **TRES sectores** claramente diferenciados en relación a los **materiales de cubierta, cerramientos, envolvente**, espacialidad interna y externa.



## SECTORES TIPO Y MATERIAL ESTRUCTURAL

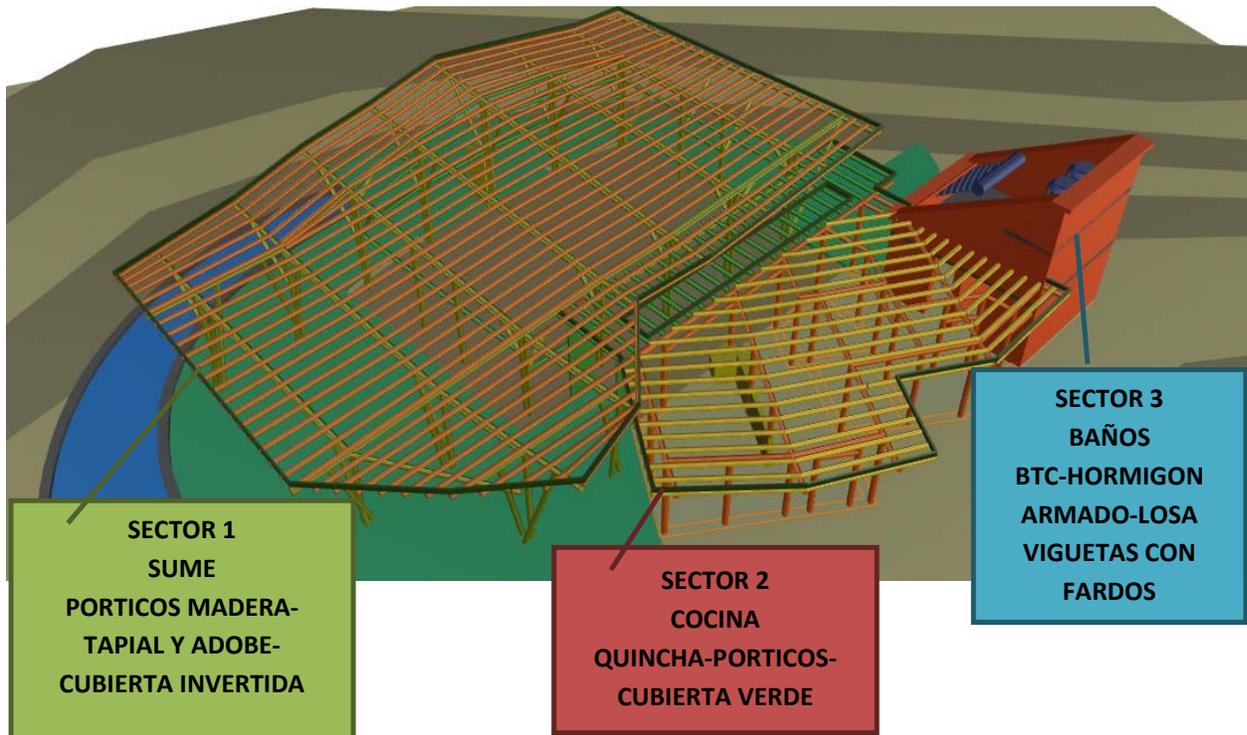


Fig. 1: SECTORIZACION DE TIPOLOGIAS ESTRUCTURALES

### SECTOR 1-SALON DE USOS MULTIPLES

#### CONDICIONANTES DE DISEÑO

- Necesidad de grandes espacios sin apoyos intermedio, altura entre 4m y 5m, grandes aventamientos, y circulaciones.
- La cubierta se resuelve como cubierta invertida, con captación de agua de lluvia.

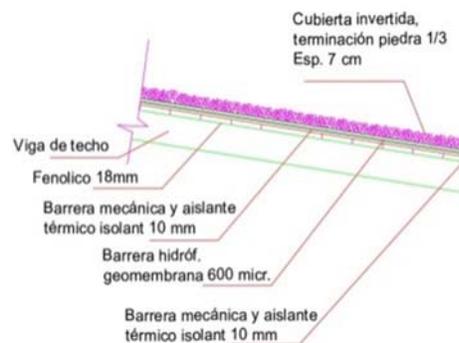


Fig. 2: CUBIERTA INVERTIDA

- En el desarrollo de las envolventes se aplicarán diferentes técnicas de construcción con tierra: quincha seca y tapial según requerimientos de acumulación de calor y desarrollo de



visuales o iluminación según orientación. **Se descarta la colaboración de los envolventes en el funcionamiento estructural.**

### PROPUESTA ESTRUCTURAL SUME

Para este sector se propone una estructura de columna dobles de 20 cm de diámetro conformando pórticos con vigas dobles de 20 cm de diámetro con puntales diagonales en las dos direcciones, conformando nudos rígidos y garantizando con este sistema la estabilidad a fuerzas laterales y gravitatorias. Además de estabilidad los puntales permiten acortar las luces de las vigas en el tramo.

En la galería se utilizarán grupos de entre 3 y 4 rollizos en forma de árbol conformando una mejora en el apoyo y la estabilidad lateral de este sector, definiendo una imagen alegórica que funciona a nivel estético y resistente.

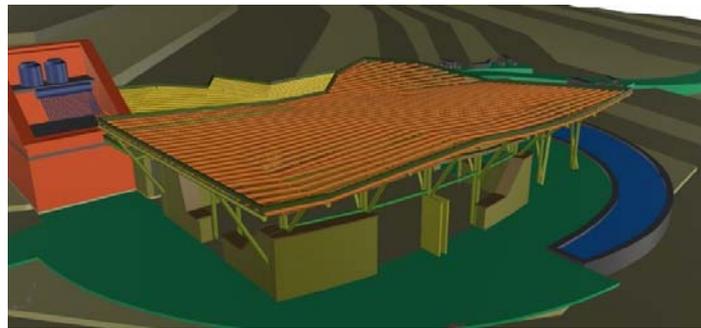


Fig. 3: SUME

Para los elementos flexionados, ya sea vigas de cubierta o cabios, y vigas principales o pórticos se eligieron secciones circulares a pesar de no ser las más adecuadas para el funcionamiento a flexión ya que en base a la experiencia de los especialistas el costo de cepillado considerando tiempos, mano de obra y material desperdiciado no resulta competitivo con el uso del material con la sección cilíndrica que requiere poca mano de obra y trabajo previo. Para compensar esto en vigas se utilizó una sección doble colocando dos rollizos uno sobre otro con lo cual se mejora el trabajo a flexión porque podría considerarse que el eje neutro pasa por la unión de estos rollizos y cada uno toma casi exclusivamente tracción o compresión producida por el momento flector.

Este diseño de pórticos requirió una definición de nudos para garantizar el funcionamiento como nudo rígido y al mismo tiempo que pudiera responder a los requerimientos constructivos de estas tecnologías, cuya mano de obra solicitaba uniones clavadas en la mayoría de las uniones.

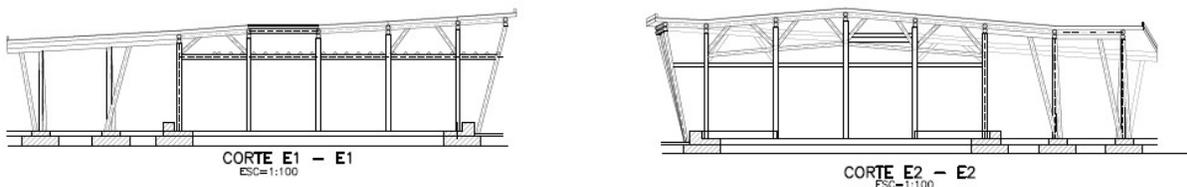


Fig. 4: PLANOS RESITENTENTES EN AMBAS DIRECCIONES



LA ESTRUCTURA EN OBRAS DE ARQUITECTURA SUSTENTABLE - SALON DE USOS  
MÚLTIPLES EXPERIMENTAL - INTI CORDOBA

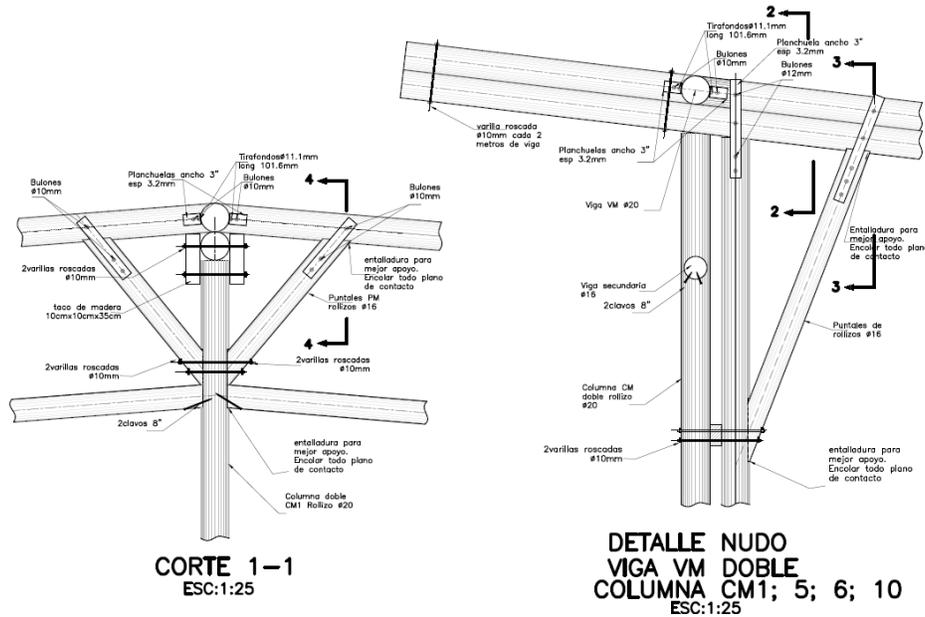


Fig. 5: NUDOS

Fundación SECTOR 1

La fundación, de acuerdo a los datos de estudio de suelos, se resolverá en Hormigón Armado, de manera superficial, con una zapata corrida que permite el apoyo de las envolventes de tapial y al mismo tiempo el apoyo puntual de las columnas de los pórticos.

La vinculación entre pórtico de madera y fundación de hormigón se realizará con una planchuela metálica anclada a la base mediante barras de anclaje y a los rollizos mediante bulones de acero, según detalle.

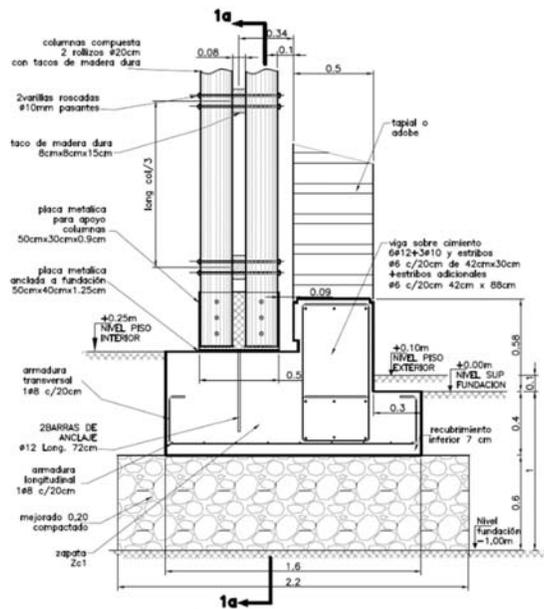


Fig. 6: FUNDACION TIPO COLUMNAS DE MADERA



**SECTOR 2- COCINA Y SERVICIOS**

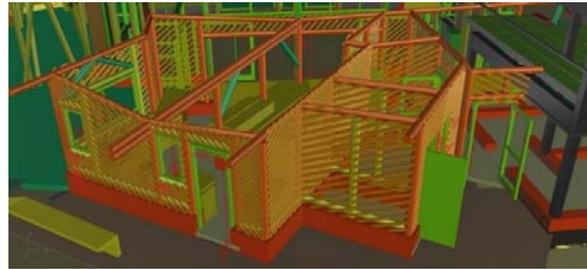


Fig. 7: SECTOR COCINA

**CONDICIONANTES DE DISEÑO y PROPUESTA ESTRUCTURAL DEL SECTOR**

En este sector las envolventes pueden servir de estructura ya que no requieren aventanamientos importantes y la resolución constructiva aplicada es la técnica de quincha húmeda, utilizando una estructura conformada por un marco de rollizos de diámetro entre 15cm y 18cm, que se vinculan con un entramado de tablas en diagonal a 45° en cada cara, sobre la cual se aplica barro con paja. Esta estructura de marcos de madera, vinculados por una cubierta rigidizada por un cielorraso de placa fenólica de 18mm de espesor, a los cuales se suman diagonales a 45° en esquina de planos que tienen aberturas constituye un sistema de planos rígidos a fuerzas laterales y portante a fuerzas verticales.

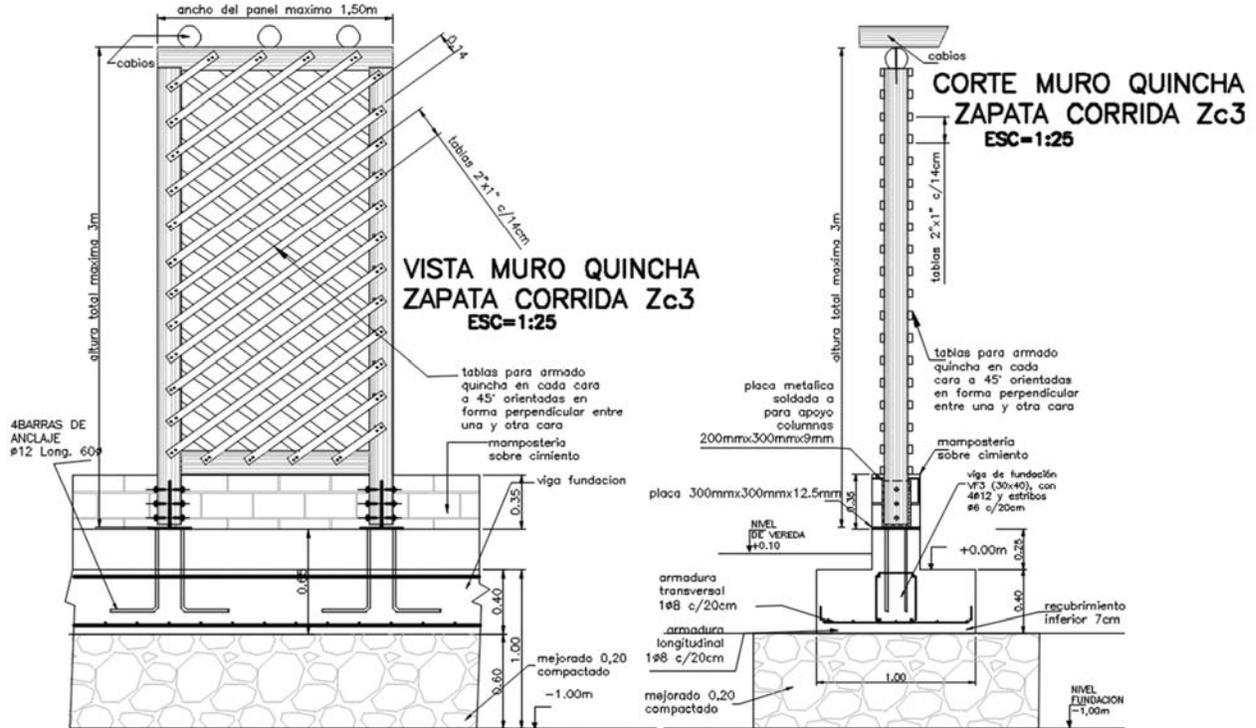


Fig. 8: ESTRUCTURA DE QUINCHA CRUZADA



La cubierta será una cubierta viva que introduce un peso importante con lo cual la acción sísmica resulta predominante como fuerza lateral frente a la acción del viento.

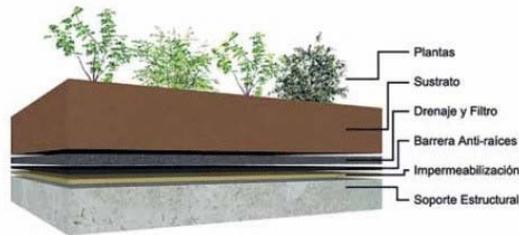


Fig. 9: TECHO VERDE

### Fundación SECTOR 2

La fundación, de acuerdo a los datos de estudio de suelos, se resolverá en Hormigón Armado, de manera superficial, con una zapata corrida en la cual se apoyan los muros de quincha y algunas columnas aisladas. La proximidad de elementos verticales constituye una carga que puede fácilmente asimilarse a una carga distribuida.

La vinculación entre marcos de madera y fundación de hormigón se realizará con una planchuela metálica anclada a la base mediante barras de anclaje y a los rollizos mediante bulones de acero.

Sobre la fundación se realiza una mampostería de sobre cimiento de unos 35cm de altura con el objetivo de mantener siempre los paneles de quincha alejados de la humedad del suelo.

### SECTOR 3- BAÑOS – PANELES Y TERMOTANQUES SOLARES



Fig. 10: ESTRUCTURA DE SECTOR BAÑOS

### CONDICIONANTES DE DISEÑO y PROPUESTA ESTRUCTURAL DEL SECTOR

En este sector la necesidad de generar espacio cerrados con aberturas pequeñas, que permitan la extracción o conducción de aguas servidas o desechos de baños secos, así como servir de soporte a los tanques de abastecimiento de agua potable, dar apoyo a los paneles solares para



producir electricidad o termotanque solar para agua caliente, resulta en una propuesta arquitectónica de 4 niveles:

1. NIVEL -1,05m del nivel de piso exterior: por debajo de los baños secos para permitir la extracción y el recambio de los recipientes bajo los inodoros secos.
2. NIVEL +0,25m piso de baños y circulaciones vinculación con SUME, cocina. Espacio técnico de paneles y equipamiento de electricidad
3. NIVEL +3,08m sobre baños, apoyo de termotanque solar y sector técnico bajo tanques de agua.
4. NIVEL +5,21m piso de tanques de agua.

La construcción es monolítica con una superficie inclinada en la cara norte. Para lo cual se decide resolver las envolventes con BLOQUES DE TIERRA COMPACTADA (BTC) que se utilizarán como cerramiento, y la estructura de planos verticales se resuelve con pórticos de Hormigón Armado.

Las losas se diseñaron para ser construidas con viguetas y un relleno de fardos de paja reemplazando los molones de Telgopor o ladrillos cerámicos. La capa de compresión resulta de espesor variable promedio 6cm con malla de diámetro 4.2 en dos direcciones.

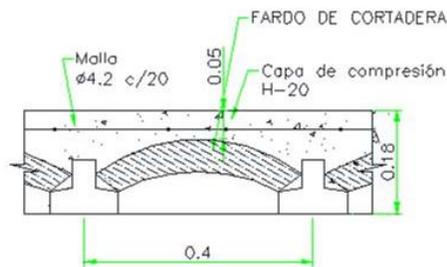


Fig. 11: LOSA DE VIGUETAS CON FARDOS

### 3. TRANSFERENCIA A LA ENSEÑANZA DE LAS ESTRUCTURAS

En nuestro rol como docentes la materia ESTRUCTURAS I de nivel 2 de la carrera de Arquitectura consideramos muy importante haber podido participar de esta experiencia, porque nos permite introducir a los alumnos en sistemas constructivos que utilizan técnicas tradicionales, como el uso de la madera como material estructural, pero desde una mirada sustentable, con criterios que tengan en cuenta la variable del cuidado del medio ambiente en un lugar prioritario y que no necesariamente esto constituya un aumento de costos, sino que pueda ser considerado como una alternativa constructiva viable.

De todas formas, somos conscientes, sobre todo luego de haber realizado este trabajo, que es necesaria una formación en estas técnicas constructivas, ya que si bien en el dictado de la materia tenemos una unidad donde formamos en estructuras de madera, el uso está principalmente enfocado en el uso tradicional de este material, y no es habitual que los estudiantes tengan formación en diseño arquitectónico con este tipo de técnicas constructivas.

En este sentido hemos decidido agregar una unidad final donde mostramos a los alumnos diferentes usos de los materiales que hemos aprendido a utilizar en la construcción tradicional en estas estructuras alternativas e invitamos profesionales del medio que han realizado construcciones con algunas de estas técnicas a mostrarles a los alumnos como abordar el



proyecto y cuales variables pueden incluir para mejorar la sustentabilidad dentro del diseño arquitectónico en las materias de proyecto del nivel o niveles superiores.

Seguramente es un cambio mínimo, pero necesario que ira de a poco abarcando mas puntos del programa de la materia en vista de que es un campo en pleno desarrollo, en esta zona geográfica existen muchos profesionales que desarrollan sus proyectos con estas técnicas constructivas, y muchos de ellos son docentes de la carrera por lo cual es un camino que solo puede avanzar en una dirección que es la de ampliar los conocimientos en el campo.

#### 4. CONCLUSIONES

La resolución estructural fue pensada como un complemento de cada espacio, y acompañó el desarrollo del proyecto en cada momento, lo cual requirió avances y retrocesos según se definía un espacio que cumpliera con el programa arquitectónico y los que se necesitaran para resoluciones relacionadas con la sustentabilidad.

El requerimiento de baños secos, para los cuales era necesario disponer un espacio de manipulación del material por debajo del nivel de baños o de los paneles fotovoltaicos, que requieren un apoyo inclinado en dirección norte para captar la energía solar, así como la disposición de residuos o la organización de los diferentes tipos de cubierta verde, conformó un nuevo conjunto de variables a atender en el proceso de Proyecto Estructural que son atípicas en la construcción tradicional, pero que crean una batería de soluciones que diferencian este tipo de propuesta estructural de las convencionales.

El apoyo del estado a través del INTI fue clave, ya que funcionó como comitente, acercando sus necesidades programáticas, pero también como desarrollador de nuevas tecnologías vinculando especialistas internos dentro de las diferentes oficinas de INTI, y externos del medio productivo nacional o académico, que permitieron acceder a diferentes tecnologías desarrolladas a lo largo del país.

Este apoyo institucional fue determinante para que el proyecto contenga resoluciones de avanzada, con un interés experimental y educativo. La estructura intenta avanzar en esa dirección, existen todavía necesidades en relación a las investigaciones o ensayos para que todos los elementos a utilizar sean sustentables pero el paso dado es grande y representa un caso de estudio en las carreras de grado, que no pueden ya ignorar la construcción bio sustentable.

#### BIBLIOGRAFÍA

CIRSOC 601, (2016). *Reglamento argentino para Estructuras de Madera*. Buenos Aires (Argentina). Ed. INTI (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL)

CIRSOC 301, (2005). *Reglamento Argentino Estructuras de Acero para edificios*. Buenos Aires (Argentina). Ed. INTI (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL)

CIRSOC 201, (2013). *Reglamento Argentino Estructuras de Hormigón Armado*. Buenos Aires (Argentina). Ed. INTI (INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL)

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*. Oxford, UK: John Carpenter.