

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

ESCUELA DE GRADUADOS

Programa de Maestría por Destacada Trayectoria Académica



LA RACIONALIZACION Y PREFABRICACION DE LA CONSTRUCCION, UNA EXPERIENCIA PERSONAL

Tesis que para la Obtención del Grado de Magister en Ciencias,
presenta:

Juan Reiser Gasser

Lima – Perú
2005

LA RACIONALIZACION Y PREFABRICACION DE LA CONSTRUCCION, UNA EXPERIENCIA PERSONAL

“Arquitectos se ocupan de sistemas complejos, que deben ser tratados en forma holística, del concepto teórico al uso práctico”.

Thomas Herzog, Julio 2001

1. INTRODUCCION

Al hacer un balance después de cuatro décadas de ejercicio profesional, puedo constatar que existe un tema recurrente que es la investigación, el diseño y la ejecución de construcciones prefabricadas, de sistemas abiertos y cerrados, livianos y pesados, o sea la racionalización de la construcción. Es interesante analizar el porqué de esta vocación, porque lo normal, lo habitual, es que el arquitecto es preparado para lograr o crear soluciones únicas. La repetición va en contra de su sentido de creatividad. Es esto realmente así ?

2. ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA CONSTRUCCION PREFABRICADA

- 1516 Leonardo da Vinci idea una ciudad modelo en Amboise al borde de la Loira que se compone de casas prefabricadas desarmables. Solo los cimientos debían ser vaciados in situ.
- 1851 Sir Joseph Pastón construye el palacio de Cristal para la exposición mundial en Londres. 1854 fue desarmado y montado nuevamente en

Sydenham. En 1936 este interesante monumento de la construcción es destruido por un incendio.

- 1854 se transportan cuatro casas desmontables de madera de la exposición mundial de Paris a Australia para ser ensambladas en Sydney.

A continuación se suceden obras de puentes y pabellones, estaciones de tren construidos con elementos estructurales prefabricados. A principios del siglo XX se inventa en Inglaterra la prefabricación de elementos compuestos de ladrillo. Este desarrollo mas o menos constante de la racionalización a través de la prefabricación sufre un revés en los años 30, que recién retoma su dinámica después de la segunda guerra mundial.

- 1935 Walter Gropius publica el libro **“The New Architecture and the Bauhaus”**. La trascendental influencia del Bauhaus en el desarrollo de la arquitectura amerita referirme con más detalle a este libro de Gropius.

Los conceptos principales del Bauhaus influenciaron la enseñanza de arquitectura en la ETH de Zürich (Suiza) de los años 60, o sea de mi formación profesional. Le doy la importancia del caso, porque aquí se pueden encontrar fundamentos de mi vocación por el prefabricado.

A continuación cito textualmente algunos párrafos del mencionado libro de Gropius:

Se ha producido una ruptura con el pasado que nos permite advertir un nuevo aspecto de la arquitectura que corresponde a la civilización técnica en que vivimos. La morfología de estilos muertos ha sido destruida; volvemos a la honestidad de ideas y de sentimientos. (p 21)

La racionalización, por ejemplo, considerada generalmente como principio cardinal, no es otra cosa que un agente purificador. Liberar la arquitectura del caos ornamental, subrayar la importancia de sus funciones estructurales y centrar la atención en soluciones concretas y económicas, son principios que definen el aspecto puramente material de este proceso formalizador del

que depende el valor práctico de la Nueva Arquitectura. El otro aspecto, la satisfacción estética del espíritu humano, es tan importante como el material. Los dos aspectos se identifican en esta unidad que es la vida misma. (p 25)

ESTANDARIZACION

La economía nacional de un país es impulsada por el deseo de satisfacer las necesidades de la comunidad con el menor costo y esfuerzo, por medio del perfeccionamiento de sus organizaciones productivas. (p 35)

No cabe duda de que el empleo sistemático de la estandarización en la construcción representaría una economía considerable, de la que no es posible, hoy en día, calcular exactamente el alcance. (p 36)

En todas las épocas históricas, la existencia de standards (aceptación consciente de formas-tipo) ha respondido a las exigencias de una sociedad bien formada y organizada. Es sabido que la repetición de unas mismas cosas para unos mismos fines ejerce sobre el hombre una influencia estabilizadora. (p 39)

RACIONALIZACION

Al igual que se adoptaron los materiales prefabricados por ser superiores a los naturales en precisión y uniformidad, los procedimientos modernos de la construcción se están adaptando cada vez más a las sucesivas etapas del proceso industrial. (p 43)

El montaje en seco ofrece grandes ventajas, pues (para no citar más que una de ellas) la humedad es en general el principal obstáculo para una construcción económica de obra (juntas de mortero).

Las principales ventajas de la construcción racionalizada son : mayor economía y mejor nivel de vida. (p 47)

Estaba obsesionado por la convicción de que la técnica constructiva moderna debía expresarse en la arquitectura y, al expresarse, exigiría formas nuevas, vírgenes. (p 52)

A partir de los años 50 la gran necesidad de reconstruir los daños materiales de la segunda guerra mundial le dan un gran impulso a la industria de la construcción, lo que conlleva a una sistematización de los componentes de las edificaciones. La prefabricación de componentes (puertas, ventanas, etc.) impone normas de modulación y estandarización. El gran volumen de construcción obliga a pensar en nuevos procesos de fabricación y construcción. La prefabricación entonces es considerada la solución.

3. EXPERIENCIA PERSONAL

Al volver al Perú, después de concluir con los estudios en Suiza, la confrontación con una realidad muy distinta a la europea, me obligó a reflexionar e investigar sobre el camino a seguir. Es así que desde el inicio de mi labor profesional en el Perú el tema de la racionalización de la construcción esta presente, primero como tema de investigación.

En nuestro medio la implantación de sistemas modulares prefabricados tropieza con la dificultad, que la industria de componentes de la construcción, ha sido creada en base a tecnologías de países de otra realidad económica y social que la nuestra.

Gran parte de los componentes fabricados localmente son dimensionados en pulgadas y otros en centímetros. Las dimensiones de estos productos se fijan en función de moldes existentes y no en función de normas de la coordinación modular de las construcciones (MEDIDAS MODULARES PREFERIDAS).

Si bien existen serios esfuerzos para lograr este cambio de medidas en la industria de componentes para la construcción su implementación durará varios años.

3.1 Sistema prefabricado liviano

Como primer resultado de estas reflexiones, surgió la idea de desarrollar un sistema de prefabricación liviana, basado en **materiales ya existentes, que sean industrialmente fabricados localmente**. Después de elaborar un inventario de este tipo de materiales apropiados para un sistema constructivo prefabricado, se llegó a formular las siguientes definiciones para el sistema constructivo propuesto:

a. Grado de Prefabricación:

PREFABRICACIÓN TOTAL O INTEGRAL:

Está integrada por la yuxtaposición y ensamblado de una serie de elementos, cada uno de los cuales es prefabricado y que solo requiere tareas de montaje y de ser necesario el sellado de juntas (salvo la cimentación).

b. Tipo de sistema:

PREFABRICACIÓN ABIERTA:

Es la acción de producir en una o más fábricas elementos capaces de constituir partes de una obra. **Se vale de elementos de stock no fabricados expresamente**. Su característica fundamental es la INTERCAMBIABILIDAD DE ELEMENTOS que implica el uso en un mismo edificio de componentes realizados en distintas fábricas. Para ello son necesarios dos requisitos fundamentales:

- a) Coordinación dimensional y modular: Para que todos los elementos sean intercambiables, todos los participantes en el hecho arquitectónico deben ponerse de acuerdo en las elecciones de redes modulares, dimensiones y tolerancias de fabricación y montaje.
- b) Compatibilidad de las juntas: Aunque los elementos a combinar sean de distinta procedencia.

c. Tipo de elementos:

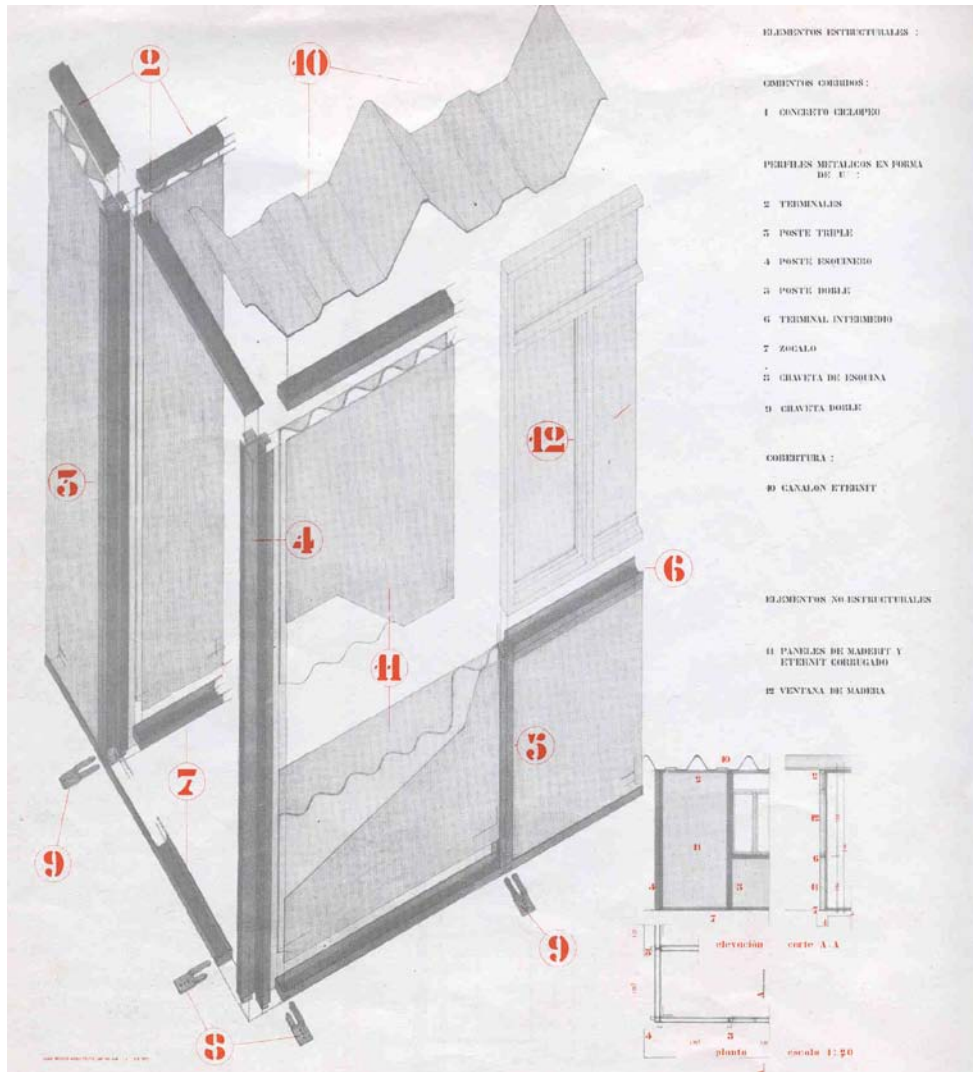
PREFABRICACIÓN LIVIANA:

Un sistema es liviano cuando cada componente del mismo puede manipularse manualmente por uno o varios operarios. Es decir, es aquella que por el peso de las partes integrantes no requiere equipo especial de montaje (grúas, etc.). Se puede fijar así un límite aproximado del peso de cada elemento, que puede ubicarse en 100 kg., como peso de la parte más pesada ya que la carga máxima sin ejercicio de habilidad que puede transportar un hombre es de 50 kg. Asimismo, para poder manejar elementos y disponerlos adecuadamente, no deben tener en general, un peso superior al que puedan levantar dos hombres; si tienen que intervenir más, se hace difícil la operación.

Es así, que después de contactar a varios fabricantes de materiales de construcción locales y con la colaboración de estos, se desarrolla el sistema de construcciones prefabricadas livianas "CMU".

La memoria descriptiva dice:

Los materiales empleados son: cemento corrido y piso de concreto, estructuras metálicas (perfiles en "U"), paneles de Eternit corrugado y planchas de Maderit lisas, ventanas y puertas de madera y cobertura de canalón Eternit. Para los casos de mayor exigencia respecto al aislamiento térmico y acústico, se ha previsto el uso de un cielo raso de Maderit u otro material suspendido de los canalones, como también la aplicación de materiales aislantes en los vacíos formados por las planchas de Eternit corrugado y las planchas lisas. En el caso de aislamiento térmico se pueden usar bolitas de poliestireno y en el caso de aislamiento acústico arena. Se ha tratado de usar el máximo de elementos normados y fabricados industrialmente en el país.

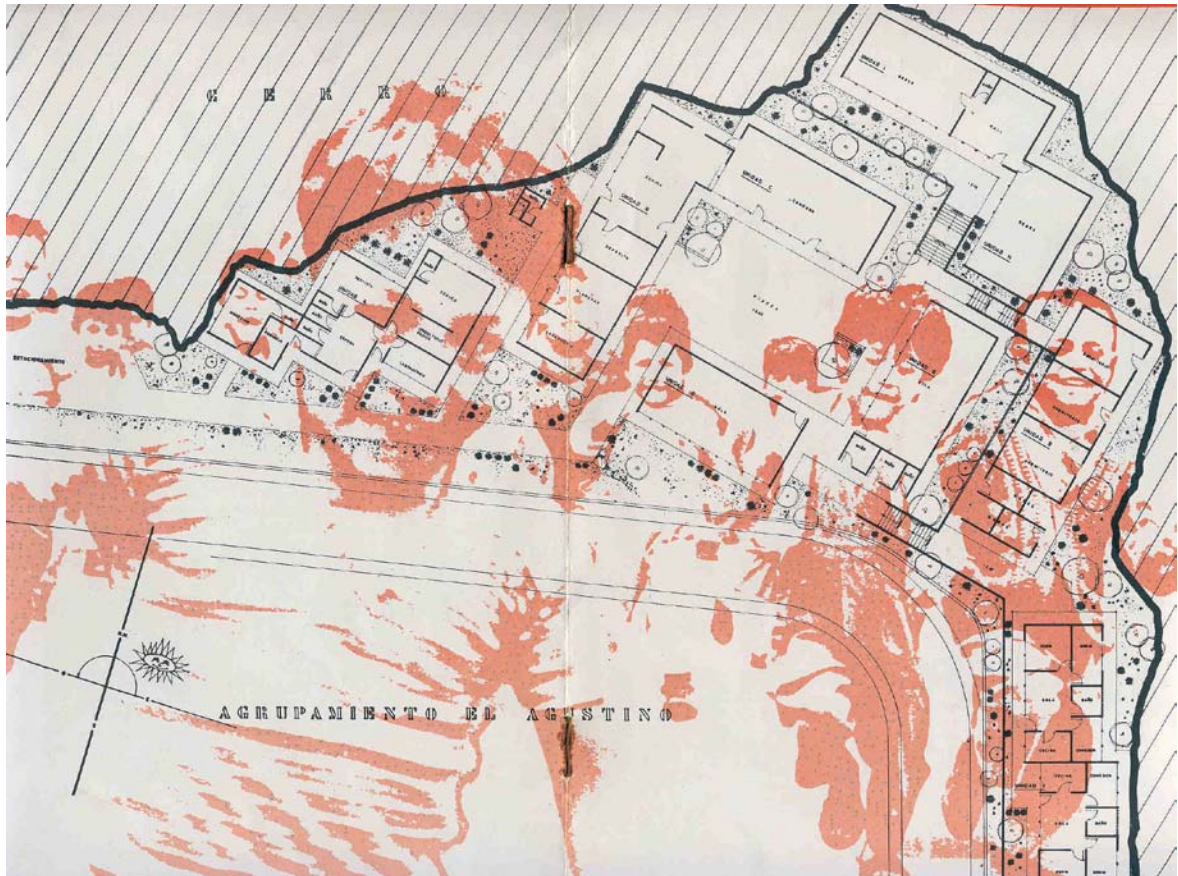


Isometría del sistema prefabricado liviano "CMU"

En la isometría se ilustra el sistema y el uso de los materiales mencionados, como también la forma de montaje. Este trabajo hay que considerarlo como un primer resultado. La meta es continuar investigando y experimentando en base a las experiencias hechas, con el fin de abaratar aun mas el costo, aplicando las innovaciones tecnológicas.

La investigación no sería completa si no se comprueba que el sistema funciona, que es económico, que en la practica es razonable su uso.

Esto se logró con la construcción del “Centro Infantil El Agustino” del Instituto Edmundo D’Amicis cuya función principal es la de una guardería de infancia, es decir la de cuidar, alimentar y educar a los niños, mientras que las madres se dedican a un empleo. En las noches los niños regresan a sus hogares.



Planta del “Centro Infantil El Agustino” del Instituto Edmundo D’Amicis

Con este sistema liviano de construcción desarrollado se logró:

- bajar los costos de construcción
- dar flexibilidad para el diseño de futuras modificaciones
- un fácil montaje, sin grúas y ni personal especializado
- servir de ejemplo para otras edificaciones de bajo costo (viviendas, escuelas, postas médicas, etc.)



Vistas del “Centro Infantil El Agustino” del Instituto Edmundo D’Amicis

La mejor comprobación de las bondades del sistema constructivo prefabricado en mención fue la obtención del “Premio Bienal de Arquitectura TECNOQUIMICA 68/70”. En la sustentación del premio el jurado dice entre otros:

” Con una limitación de tipo económico y de programa, en una topografía difícil, y buscando una racionalización técnica, así como la adaptación orgánica al medio, se ha plasmado una obra arquitectónica de calidad, que responde con honestidad y sin pretensiones ni especulaciones formales a los requerimientos de las funciones que el Instituto Edmundo D’Amicis brinda a la comunidad del Distrito de “El Agustino”.

Constituye además, esta obra, una pauta a seguir en la solución de problemas arquitectónicos, en los que por su naturaleza sea conveniente la utilización de sistemas de prefabricación orientados hacia la economía y el desarrollo de la industria conexas a estos fines.”

3.2 Sistema prefabricado semi-pesado

En el año 1968 se convoca al concurso Proyecto Experimental de Vivienda PREVI. Por tratarse de un proyecto con 1500 viviendas, es casi imprescindible pensar en algún tipo de prefabricación. Yo desarrolle y presente un proyecto, el P-16, basado en un sistema constructivo de prefabricación semi-pesada de concreto armado. Todos los muros son portantes y están conformados por elementos en forma de "L". Estos muros son fabricados al pie de obra, usando las veredas como encofrado de un de lado de la "L".

El Proyecto P-16 fue uno de los 13 proyectos peruanos que fueron construidos. Por tratarse de proyectos piloto, se construyeron solo 20 viviendas por proyecto.

3.3 Sistemas prefabricados pesados

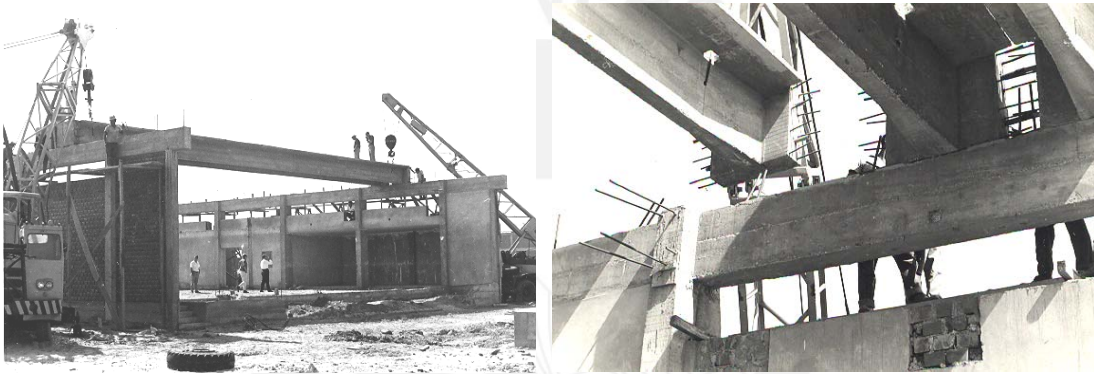
Como consecuencia de la revolución militar del año 1968 y de las reformas que siguieron, se produce un desarrollo inducido de nuevas industrias, sobre todo en el sector textil. Es así que en los años 70 se da un auge de la construcción de plantas industriales textiles. Tradicionalmente pocos son los arquitectos que se ocupan de este tipo de proyectos. Existe la creencia que mas bien se trata exclusivamente de obras de ingeniería, en la que no hay cabida para arquitectos.

A mi si me pareció muy atractivo ocuparme de este tipo de obras, por que me permitía seguir investigando y desarrollando la construcción prefabricada, ahora con sistemas mas pesados, mas complejos, o sea la PREFABRICACIÓN PARCIAL PESADA.

a. “Manufacturas La Libertad” en Trujillo:

La primera obra de este tipo es la nave de producción para “Manufacturas La Libertad” en Trujillo, en la que se limita la prefabricación a la construcción del techo, compuesto por elementos prefabricados de concreto post-tensado en forma de “T” con una luz de 18 m. Las vigas “T” son prefabricadas al pie de obra, para minimizar el costo de transporte.

Se logró el objetivo de abaratar costos y minimizar el tiempo de ejecución de obra.



Montaje de las vigas prefabricadas de concreto postensado

b. “Textil San Pedro” en Puente Piedra:

Sigue el complejo industrial “Textil San Pedro” en Puente Piedra, con 15,000 m² de área construida, compuesto por tres naves: la hilandería, la tejeduría y la planta de acabados o tintorería. El sistema constructivo de estas naves se basa en una estructura de concreto armado aporcada, que recibe por el lado superior al techo en forma de vigas “T” prefabricadas post-tensadas de concreto armado con luces de hasta 22m y por los costados las placas prefabricadas de concreto armado reforzadas por un nervio central de 6m de altura. La piel (techo y paredes) de las naves de producción por lo tanto están conformadas por elementos prefabricados, lo que permitió reducir el tiempo de ejecución de obra en forma considerable, porque mientras se construía la cimentación y la estructura portante (sistema de vigas y

columnas aporricadas) vaciada in situ, paralelamente se prefabricaban los elementos de la piel.

Por la cantidad y el peso de los elementos prefabricados el montaje se realizo simultáneamente con varias grúas pesadas, lo que significo reducir el tiempo de ejecución de obra.

Posteriormente siguen varios complejos mas: Hilandería “Textil El Progreso” en Pisco, fabrica textil “Trutex” en Trujillo, Textil San Jacinto en Lima y el Centro Comercial Higuiereta en Lima. El sistema constructivo usado es básicamente el mismo, es decir una combinación de una estructura portante de concreto armado vaciada in situ con elementos de cierre prefabricados.

c. Ensayos de resistencia con vigas “doble T” de Ferrocemento, para el proyecto “Centro Comercial Higuiereta”:

El ferrocemento es un material para una construcción de concreto de poco espesor, flexible, en la que el número de mallas de alambre de acero de pequeño diámetro están distribuidas uniformemente a través de la sección transversal. Se utiliza un mortero muy rico en cemento lográndose un comportamiento notablemente mejorado con relación al concreto armado cuya resistencia está dada por las formas de las piezas.

El Arquitecto Luigi Nervi, quien reinició las experiencias con este material en el siglo pasado, al comprobar la flexibilidad y excepcional resistencia del mismo, diseñó y construyó embarcaciones. Una de ellas, a la que llamó Irene, tenía un desplazamiento de 165 Toneladas, su casco tenía 35 mm de espesor y según Nervi, el peso de la embarcación era 5% menor y su costo un 40% menor que un casco similar construido con madera.

Nervi también construyó el hall de la exposición mundial de Turín de 1949 con piezas premoldeadas cuyo espesor no superaba los 40mm y cubrió una luz de 98 mts. sin apoyo intermedio.

El ferrocemento tuvo y tiene una importante presencia en las construcciones de barcos, sobre todo durante los últimos años de la II Guerra Mundial.



Barco de FERROCEMENTO "Quartz"

Para la mitad del área techada del proyecto del Centro Comercial Higuiereta, se había previsto el uso de vigas "doble T" de concreto pretensado. Con todos estos antecedentes del Ferrocemento nos pareció interesante investigar el comportamiento de una viga similar a la que habíamos proyectado. Se construyó una viga "doble T" similar a la prevista en escala reducida (1:20). Los ensayos que realizamos demostraron que la resistencia era similar. Al evaluar los costos de ejecución de la fabricación de las vigas con ferrocemento resultó que el procedimiento constructivo relativamente artesanal incidía demasiado en el costo, por lo que no fue tomado en cuenta. Pienso que la experiencia fue muy valiosa, porque rara vez se puede investigar durante el proceso de diseño y construcción.



Elementos prefabricados de FERROCEMENTO en la India (2.5 cm de espesor, 6 m de largo)



d. Centro Comercial Higuiereta en Lima

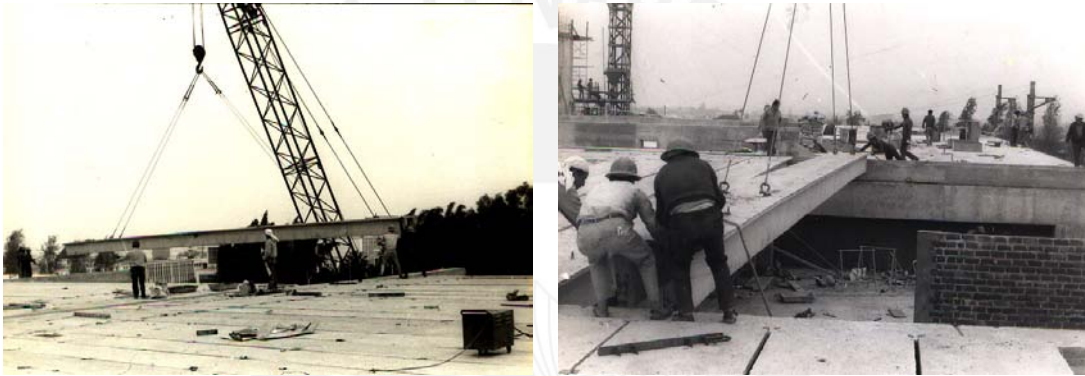
El Centro Comercial Higuiereta es la primera obra en la que se usan elementos prefabricados pretensados, aprovechando la existencia de una planta cercana dotada de bancos de prefabricación pretensada. Este sistema permite el diseño de elementos más esbeltos y de menor espesor. La piel del Centro Comercial se compone de elementos de 6m de altura y de un metro de ancho, con nervaduras en los extremos.



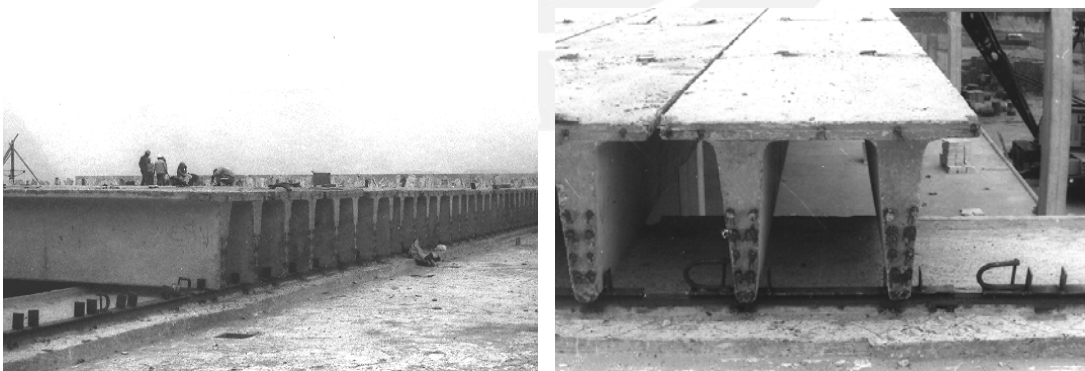
Fachada posterior del Centro Comercial Higuiereta, con la propuesta del artista Venancio Shinki para acompañar toda la fachada (desgraciadamente no realizada)

El techo de la zona de súper-mercado esta conformado por vigas doble “T” prefabricadas pretensadas cubriendo luces de 20m. El montaje de estas vigas no fue nada fácil, ya que el súper-mercado se encuentra en el nivel superior, encima del estacionamiento. Todas los pisos son lozas nervadas, que no permiten el transito de grúas pesadas. El brazo de la grúa no alcanzaba para izar las vigas y colocarlas en su lugar. El contratista invento un genial sistema, para deslizar las vigas sobre un ángulo de fierro colocado

con su arista hacia arriba. Con teclés montados en ambos extremos se jalaron las vigas, una por una, hasta ubicarlas en su lugar. Este deslizamiento de las vigas sobre la arista del ángulo de fierro dio muy buen resultado y permitió llevar a cabo todo el montaje de los 5,000m² de techo prefabricado en un tiempo razonable y sin el uso de equipamiento sofisticado costoso. Es un buen ejemplo de la adaptación de un sistema constructivo complejo a las posibilidades de un medio como el nuestro.



Montaje de las vigas prefabricadas pretensadas, en el tramo inicial, hasta donde llega el brazo de la grúa pesada.



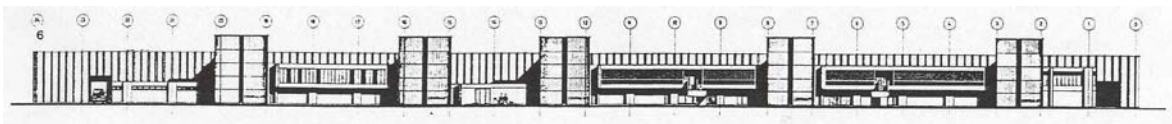
Vigas prefabricadas colocadas sobre un "patín" de fierro que se desliza sobre la arista de un ángulo de fierro que actúa como riel para transportar las vigas a su lugar.

e. Hilandería “Textil El Progreso” en Pisco

Este proyecto reúne y aplica todas las experiencias anteriores. Lo primero y lo esencial fue obtener el contrato para la ejecución del proyecto integral, incluyendo la supervisión de obra. Esto no fue nada fácil, ya que una empresa consultora internacional especializada en plantas textiles muy reputada hizo lo imposible por obtener este encargo. No voy a entrar en detalles, pero los métodos usados se acercaban a chantaje, juego sucio, etc. Lo importante es, que al final el cliente confió en nosotros y nos encomendó el proyecto, sobre todo en base a nuestra experiencia comprobada.

La buena coordinación de obra hizo posible que se produjera el primer hilo, solo 14 meses después de la aprobación del anteproyecto integral definitivo. Esto se logró gracias a sistemas de construcción mixtos:

- la estructura portante básica de concreto armado, vaceado in situ
- la estructura portante del techo, de tijerales de fierro tubular con una luz de 30 m.
- las paredes de la nave industrial de elementos prefabricados de concreto pretensado (como en Higuiereta)
- las 5 centrales de climatización de concreto armado, revestidas con un aislamiento térmico, protegido por placas prefabricadas de concreto armado

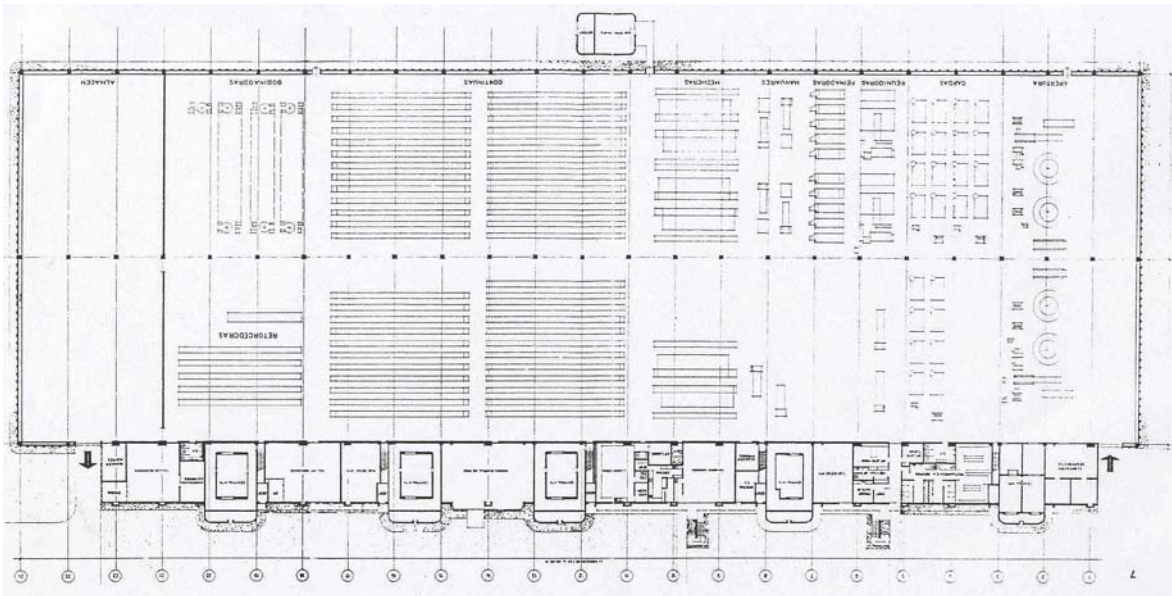


Fachada principal



Fachada lateral

Corte (estructura de fierro tubular)



Planta de la Hilandería (60m x 180 m)

La selección de tan variada combinación de sub-sistemas constructivos se da exclusivamente por razones económicas, es decir factor costo/tiempo.

Los criterios para esta definición fueron:

- la optimización del vaceado in situ y del prefabricado
- uso de mano de obra especializada ociosa de la zona (soldadores de fierro de las fabricas pesqueras)
- placas de concreto pretensado fabricadas en Lima y transportadas a Pisco (justificado por el factor costo/tiempo)
- uso de materiales de la zona (conchuela o concha molida, mezclada con cemento y arena es un buen impermeabilizante y aislante térmico).

Es importante resaltar, que el cliente fue sumamente generoso, en dejarnos total libertad, siempre y cuando respetáramos el marco económico y se cumplía con el programa funcional preestablecido. Esta libertad de acción

tuvo como resultado un proyecto industrial estéticamente inusual, realizado en un tiempo de ejecución muy corto.

En un proyecto de este tipo el cronograma del inversionista empieza con el desembolso del primer dollar y termina con la facturación del primer dollar!



Vista fachada principal

La “certificación de calidad” la obtuvimos al ganar con este proyecto el “Premio Bienal de Arquitectura de Quito a escala del Área Andina”. Realmente fue una sorpresa, que con un proyecto industrial se logre dicho premio. A continuación el fallo del jurado calificador:

DICTAMEN del Jurado de Selección Final expide de manera unánime el siguiente veredicto:

PREMIO BIENAL DE ARQUITECTURA DE QUITO (a escala del Área Andina) para la obra - HILANDERIA EN PISCO - Autores: TGETGEL - REISER + ASOCIADOS – PERU

SINTESIS EVALUATIVA

Partido muy claro y sintético.

Se presenta como un edificio totalizado que permite incluir sin dificultad las múltiples funciones que presenta el caso con grandes posibilidades de mutación sin afectar la condición integral de su espacio.

El trabajo proyectual manifiesta una clara diferenciación de los espacios de trabajo y de servicio sin llegar a dicotomizarlas. La nave de producción permitirá por su flexibilidad, adecuarse a otros modelos de procesamiento industrial.

El hecho arquitectónico es un exponente de una correcta tecnología y un buen manejo de los materiales. Ambas virtudes concluyen en una serena expresión plástica.

Para terminar cito otro pensamiento de Thomas Herzog (Julio 2001):

El término compuesto „investigación y desarrollo artístico” es una definición apropiada para diferenciar de la investigación científica pura, la especial índole de la actividad de los arquitectos, debiendo esta ser vista y tratada en forma equivalente. También desarrollos en la práctica del diseño de espacios y su materialización en una construcción hacia la forma arquitectónica tienen calidad de Investigación y Desarrollo (I+D), siempre y cuando su concepción y realización contenga innovación y los resultados sean metódicamente reflexivos.

Entiendo en este sentido mi labor profesional presentada.