

# **EVOLUCIÓN EN LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE LA INGENIERÍA CIVIL**

## **EVOLUTION OF CONSTRUCTIVE SYSTEM IN CIVIL ENGINEERING**

**Diana Arellano<sup>1</sup>; Ulneiver Mejía**

Universidad de Los Andes. Núcleo Universitario “Rafael Rangel”. Departamento de Ingeniería

### **Resumen**

Los cambios generados en el campo de la construcción debido a la incorporación de nuevos materiales así como de métodos constructivos, han permitido la industrialización. Esto ha ocasionado un desarrollo tecnológico en las estructuras y en la definición de novedosos sistemas constructivos, creando elementos y procedimientos estructurales interesantes. Se realizó una revisión de la bibliografía, de los antecedentes en esta materia, de los métodos y sistemas constructivos más utilizados en el campo de la ingeniería civil, permitiendo comprender el avance que ha venido experimentado el campo de la construcción. El uso de nuevas tecnologías en las obras civiles ha generado reducción en costos y en tiempo, con tendencia a mejorar la calidad de la estructura en resistencia y estética. Estos procesos han ayudado a reducir el impacto ambiental mediante el empleo de materiales no tradicionales, con la posibilidad de reciclaje de alguno de ellos.

Palabras clave. Ingeniería civil, nueva tecnología en construcción, estructuras, sistemas constructivos

### **Abstract**

The changes generated in the field of the construction due to the incorporation of new materials as well as constructive methods, have allowed industrialization; this has caused a technological development in the structures and definition of novel constructive systems, creating structural elements and interesting procedures. It was made a revision of the bibliography, the antecedents in this matter, the used methods and the constructive systems more used in the field of civil engineering; allowing to understand the advance that has experienced the construction field. The use of new technologies in civil works has generated reduction in costs and time, with tendency to improve the quality of the structure in aesthetic and resistance. These processes have helped to reduce the environmental impact because of the use of nontraditional materials, with the possibility of recycling some of them.

Key words: Civil engineering, new construction technologies, structures, construction systems.

**Recibido: 16/09/2013 - Aprobado: 14/03/2014**

## Introducción

En el campo de la tecnología constructiva se están viviendo momentos muy importantes donde la arquitectura y la construcción se encuentran estrechamente enlazadas, permitiendo cambios no sólo en la forma sino en las técnicas de fabricación. Estas innovaciones han influido de manera significativa en lo social, en lo cultural y también en lo tecnológico, aún cuando estos cambios han sido tan grandes, el hombre ha sabido adaptarse a estas ideas, tal como lo menciona en una ocasión el diseñador norteamericano Richard Buckminster (citado por Slabbert, 2007), quien manifestaba que ha sido lenta la transferencia de la tecnología al campo de la construcción.

Dos factores que influyeron en estos cambios fueron: el uso de nuevos métodos de construcción y los llamados materiales modernos, factores que han dado como resultado elementos más ligeros, permitiendo aumentar significativamente su capacidad de resistencia en comparación a los usados anteriormente, facilitando el uso de nuevos procedimientos constructivos. Sin embargo, con el uso de los computadores los cálculos se han ido perfeccionando y sumado a la simulación virtual de modelos, permitió acceder a formas más complejas de construcción, obedeciendo a que tanto los constructores, los calculistas y proyectistas deben estar interactuando de manera sincronizada para llevar a cabo dispositivos estructurales que serían impensables hace unas décadas, lo que representa un reto llevar a cabo el diseño a la práctica, entendiendo claramente el comportamiento estructural de los materiales a este conjunto de avances representa de acuerdo a Strike (2004), una revolución silenciosa.

Anteriormente el proyectista y el constructor eran la misma persona

considerándose la construcción, una actividad artesanal, con el avance de la tecnología, el crecimiento de la construcción, la aparición de nuevos materiales, y el uso de equipos novedosos, han separado estas funciones, pero hoy en día ellas deben interactuar como un todo, de manera que el proyecto pueda guiar a la construcción o viceversa.

En el tema de la construcción, es pertinente revisar y describir como han venido evolucionando en el tiempo los principales métodos, las técnicas, los sistemas constructivos y de ejecución; considerando el aporte de nuevos materiales así como el uso de la tecnología y los procesos industriales que hace posible una mejora en la calidad de vida del ser humano. En el campo de la construcción siempre se está en la búsqueda de recursos con la finalidad de obtener la mejor propuesta ya sea en los costos, el tiempo e incluso en la calidad, sin embargo en el caso de ejecución de obras la experiencia en el ejercicio profesional, determina la mejor manera de realizar los procesos constructivos. Se pretende mostrar en este trabajo distintos sistemas constructivos de manera general y visualizar la pertinencia de elegir un sistema estructural específico considerando los materiales, atendiendo necesidades económicas e incluso la conveniencia de implementar un proceso industrializado en este ámbito.

Por ser muy amplios los sistemas constructivos, será importante saber cuáles pueden ser más eficientes sobre la base técnica, en la compatibilidad de materiales, en la resistencia, en la practicidad, en los costos así como en la factibilidad que tiene para aplicarse en el campo de la ingeniería civil. Por ejemplo hoy en día, existe una firme necesidad de nuevas viviendas no solo en los países en vías de desarrollo sino, en los países industrializados donde

el costo de una vivienda construida de acuerdo a los métodos conocidos se ha venido incrementado. Es por ello, que en esta área de la construcción, representa un desafío considerar aspectos como la calidad y los bajos costos. De acuerdo con lo expresado, la posibilidad de mejorar estos aspectos se puede lograr a través de adaptar sistemas constructivos prefabricados pues su versatilidad, le da la posibilidad de adecuarlo no solo a edificaciones sino a construcciones de distintos tipos tales como en los puentes, en los muros y en los sistemas estructurales de uso común.

Según Nova (2010), el factor económico juega un papel de gran importancia, que se debe considerar para un proyecto de construcción, es el caso de materiales como el hormigón que proporciona un 50% de los costos de la construcción, por otro lado adaptar sistemas constructivos para desarrollar este mercado es posible si se industrializan los elementos constructivos.

### **El pasado en la construcción**

Las primeras construcciones que se conocen datan de 4000 a.C., los monumentos megalíticos son las expresiones arquitectónicas de la historia y se usaron en Europa específicamente en la Costa Atlántica y en el Mediterráneo Occidental. Estos monumentos se construyeron con grandes bloques de roca sin tallar y consistían en un gran cilindro de diámetro 82 m y en su contorno, se construyeron unas estructuras de contención de 4.2 m de altura, formada por rocas que luego eran rellenadas con rocas redondeadas y turba. También se registran las construcciones egipcias que datan aproximadamente de 2686 a.C., donde los principales materiales que se usaron fueron rocas y adobe, aquí destacan los muros que servían como contención de terrazas, claro ejemplo, el Templo de Demeter en

Pergamon. Al ir creciendo las ciudades se van desarrollando métodos constructivos tal como lo refleja, un tratado importante de estructuras de contención encontrado en la Escuela de Alejandría y es en la edad media y el renacimiento donde aparecen las construcciones básicamente realizadas de mampostería, roca, ladrillo y ocasionalmente de adobe, según Gonzalo, (2008).

A partir del período preindustrial hubo un lento pero continuo mejoramiento de los sistemas estructurales principalmente basados en los muros de carga, evolucionando de las construcciones oscuras y robustas a las estructuras esbeltas, ejemplo claro al comparar las catedrales francesas (siglo XIII), con las cúpulas italianas de ladrillo. Se observa, que los llamados materiales modernos, y la innovación de métodos constructivos, provocaron cambios en el diseño arquitectónico, como se ve a finales del siglo XVII cuando aparece el hierro, (Strike 2004). A mediados del siglo XIX en Gran Bretaña se planteó una forma de construir, conocida como La Tradición Funcional que evolucionó y se extendió a Europa Central a principios del siglo XX dando origen al Movimiento Moderno. Sin embargo, de acuerdo con Strike (2004), Gran Bretaña fue más conservadora y Europa Central fue más visual convirtiéndose ésta en el centro de atención de los proyectistas de la época.

De este modo el uso de materiales como el hierro y el vidrio, constituyeron una nueva expresión en la arquitectura que pudo verse con claridad en la década de 1850, prueba de ello el Palacio de Cristal Londres 1851, la iglesia de San George en Everton Liverpool donde se observa el uso del hierro de fundición, obteniendo un efecto visual de líneas suaves que no podrían haberse logrado con estructuras hechas de rocas. Con el desarrollo de materiales

como el hierro dulce o forjado artesanal, al cual se le reconoce su fragilidad pero alta resistencia a la tracción, se requirió un proceso más eficiente de pudelado resultando para 1820 unos métodos de producción más económicos. Acompañando a este material, se dio la fabricación de vidrios planos, que llegaron a Gran Bretaña en 1567, y cuyo uso fue limitado debido a lo costoso de su producción. Estos vidrios, por ser tan livianos reducían las cargas sobre la estructura, lo que permitió producir perfiles de acristalamiento de hierro forjado, los cuales se podían curvar generando innovación de las primeras construcciones curvilíneas. Con el transcurrir del tiempo se pudieron producir planchas de vidrio a más bajo costo. Ya para 1844, se utilizaron perfiles de acristalamiento de hierro forjado diseñados por Loundon, quien fue el que le dió el uso como material estructural en Kew, obteniéndose estructuras más ligeras, reduciendo a un quinto su peso con respecto a los perfiles de fundición, como consecuencia se redujo también el tamaño de las columnas. Con estos materiales tan novedosos, los proyectos de ingeniería civil se vieron influenciados de manera importante, (Strike 2004).

### **Métodos constructivos en edificaciones medievales**

El cronista de la época Raúl Glader (1000), citado por Magro y Marín (1999), habla de la actividad constructiva no comprobada hasta entonces y refiere lo siguiente:

Como se aproximara el tercer año después del año mil, se vio en casi todo el universo y en particular en Italia y las Galias reconstruirse las basílicas religiosas(...). Era como si el mundo se sacudiera el polvo para despojarse de su vetustez y quisiera revestirse por todas partes de un manto de iglesia.

Y el abad Suger de Saint Denis (1144), asoma en su abadía una propuesta transcendental: una es la cabecera con girola de tramos geométricos cubiertos por piedras crucerías y el surgimiento del tipo de pórtico donde se anticipa a la expresión gótica, considerando desde el punto de vista constructivo, el período del Románico como Prerrománico o Protorrománico, entrelazándose con el gótico a partir del siglo XII. La extensión de los espacios y las características explícitas de estas construcciones generaban asombro y recogimiento, así como los matices luminosos, la variedad de las formas, su complejidad y la maravillosa percepción de su espacio le confería un aspecto muy diferenciado de cualquier otro edificio; pero lo más significativo es que, en la ejecución de tales proyectos había toda una organización para realizarlas (Magro y Marín 1999).

Se puede percibir que la magnitud de la ejecución de estas obras se llevo a cabo en condiciones muy difíciles, entendiéndose que este gran esfuerzo se basó, en el aspecto espiritual del hombre y su ganancia del cielo, lo que justificó este trabajo. Sus métodos escapan a los esquemas actuales, sus escasos conocimientos en matemáticas y geometría, debieron suponer grandes limitaciones, por ejemplo falta de papel sobre donde reflejar información a escala, ausencia de lentes que relegaba de los trabajos a gente de mayor edad, pero experimentada no fue obstáculo para seguir adelante en sus proyectos. Por lo anterior, se puede afirmar sin lugar a dudas que fueron ayudados por la naturaleza humana y su capacidad de analizar y solucionar situaciones difíciles logrando lo que imaginaron.

De acuerdo a Magro y Marín (1999), el material de construcción usado en esa época básicamente fue la roca, la situación económica limitaba el transporte de los

materiales de construcción por lo que ésta, se podía encontrar cerca del emplazamiento de la obra., también se utilizaron materiales provenientes de derribar otras edificaciones ya existentes. La construcción de muros se realizó, elevando piezas talladas según hiladas horizontales, se tallaba la piedra, se encuadraban sobre un apoyo con el mazo, cincelando los bordes obteniendo la fabricación de mampostería concertada de pequeña cantería, aparecen así una gran variedad de métodos de tallado de piedras. Al lado de estos métodos surgen los ladrillos cocidos que se produjeron en gran escala en los siglos XI y XII en Europa, en los países bajos, los ladrillos se caracterizaron por ser de tamaño pequeño y de color amarillo arcilla, lo cual indicaba la mala cocción pues los procedimientos que se utilizaban eran muy primitivos,

Hacia finales del siglo XII, el principio del equilibrio de las fuerzas sustituye al sistema de estabilidad interna, de esta manera las edificaciones se caracterizaron por un esqueleto consolidado al combinar el efecto de fuerzas inclinadas o verticales que se oponían al empuje con una funda que lo recubría, es decir el resultado fue una armazón de piedra revestida. Su rigidez o flexibilidad dependía de las necesidades que tenía la construcción, este equilibrio no fue de ningún modo pasivo sino activo. Es admirable la audacia en estas construcciones, previeron todo, nada quedó al azar, estaban seguros de que no fallaría pues conocían los límites del sentido común. En el siglo XII se erigieron una inmensa mayoría de edificios tanto públicos como privados por lo que sin duda se desarrolló un extraordinario conocimiento de los materiales de construcción y soluciones para su uso. Inicialmente se guiaron por la experiencia y más tarde aparecerían reglas pero, que no se sustituirían las observaciones de la práctica diaria así en este período

los sistemas constructivos los adaptaron al material que disponían (Magro y Marín ,1999).

Durante el siglo XIII se construyeron ingeniosas técnicas de bóveda góticas, prueba incuestionable de la seguridad en la ejecución y un conocimiento impresionante de la resistencia de los materiales. Si se quisieran erigir monumentos a imitación de la antigua Roma se tendría que disponer de los mismo elementos que para la época se utilizaron; esclavos, férrea voluntad, ser dueños del mundo, movilizar civiles y tomar los materiales de donde fuesen. Esto es un absurdo total, más prudente es aprovechar los elementos disponibles, de acuerdo a las necesidades, medios y materiales y al carácter moderno. Se hace esta observación para entender según Viollet Duc (2000), como los principios difieren totalmente de las construcciones romanas, por lo que procedimientos, métodos, y cualquier otro aspecto considerado son efecto de civilizaciones ideas y sistemas diferentes.

### **Métodos constructivos tradicionales en edificaciones**

Cuando se habla de métodos se hace referencia según Percivati (2006), al procedimiento en general, en cambio el sistema hace alusión a un grupo de dispositivos que aplicados con determinada tecnología permite lograr un método constructivo. En Venezuela el término sistema constructivo se usa indistintamente al referirse a técnicas de construcción o métodos de construcción, bajo esta premisa se define como métodos constructivos a un conjunto de equipos, materiales de construcción, métodos de organización, entre otros basados en aportes científicos y técnicos, de manera de satisfacer las necesidades y deseos humanos, resolviendo problemas prácticos. Los métodos constructivos se han

venido perfeccionando de manera continua, aportando una variada tecnología, que ha tenido influencia en las formas, no sólo de como proyectarlas sino de cómo construirlas. Su desarrollo ha ido a la par de la industria siderúrgica partiendo con los colados, seguidos de los laminados y llegando a los estampados, (Cassinello, 1996).

En hormigones colados o vaciados se puede hablar de tecnología escultórica, pues su limitante es la dificultad de ejecución o el costo de los encofrados muy alto. Sin embargo, la técnica in situ de estos hormigones colados son las más comunes, lo que permite crear formas inéditas desde la perspectiva constructiva y estructural, no teniendo inconvenientes de continuidad en los enlaces de sus elementos. No obstante, los costos se imponen dando paso a los métodos mecanizados o de prefabricación de elementos, lo que lleva como consecuencia a cambiar las técnicas del vertido e introducir soluciones de hormigón laminado, el cual inicia con la fabricación de viguetas, permitiendo explotarlas a gran escala. En cuanto al hormigón estampado, este se inicia fabricando baldosas ampliando a paneles pero su costo es muy alto aún cuando su calidad es excelente, (Cassinello, 1996).

El hormigón armado es más rígido en cuanto a su posibilidad constructiva, por lo que es común la práctica de construcciones in situ sobre cimbra, de manera que sea monolítica su estructura. Por otro lado, si se plantea una construcción diferente a ésta va a traer problemas de uniones o juntas en diferentes partes de la estructura. En cuanto al hormigón pretensado, lleva ventaja en resistencia, permitiendo nuevas posibilidades en la construcción y diseño, primordialmente para aquellas de grandes dimensiones. No sólo se habla de la relación resistencia/peso y a la cantidad de los materiales, sino su relación con los costos, que entran a

formar parte de la construcción, abriendo camino a nuevas técnicas constructivas. Al mismo tiempo la construcción prefabricada permite construcciones más industrializadas, (piezas que se repiten con tamaños que pueden ser transportados), lograr grandes luces, despiezando la estructura para poder transportarla, permite ajustar el espesor y el peso propio, resultando muy útil para elementos de grandes luces.

En los procedimientos constructivos intervienen tres factores principales a saber: mano de obra, materiales y equipos o maquinarias. De la mano de obra depende el rendimiento y la celeridad de los trabajos de la construcción, pues en base al procedimiento constructivo que se desee utilizar y a la cual se le determinará la programación, la cantidad y la especialidad de esta mano de obra. En cuanto a los materiales, dependerá entre otras razones: la accesibilidad para obtenerlos, características de la zona en que se va a construir, el factor financiero, entre otros.

De acuerdo a Nova (2010), la técnica constructiva a emplear para realizar el proyecto, determinará el tipo y cantidad de equipo y maquinaria que se necesitará a lo largo de la ejecución de la obra. Si difieren las técnicas constructivas y los materiales, con respecto a lo que el personal de la construcción viene utilizando, va a existir la necesidad de capacitar este personal para cerciorarse de la calidad del trabajo que ellos van a realizar. Es decir, el costo, la durabilidad, la estética, la habilidad de los trabajadores y sus prácticas locales en la construcción deben considerarse como un todo.

En cuanto al uso de materiales muy específicos como la madera aserrada, se deben considerar factores como el clima, la durabilidad, la humedad lo

que la afectaría seriamente, requiriendo tratamientos específicos o mantenimiento adecuado. En el caso de lugares como Centroamérica y el Caribe que se han visto seriamente deforestados, la importación de este material conlleva a un incremento de costos en la construcción, limitando su uso a elementos como paredes internas y vigas. Paralelamente, el uso del concreto reforzado es común en sitios urbanos, en edificaciones en forma de paneles o bloques de concreto, éste material tiene muchas ventajas, su buena resistencia a terremotos, al viento, al fuego e incluso a las termitas. Es por lo tanto, un material de uso frecuente por ser accesible, en gran parte por la cantidad de plantas de premezclado locales. Sin embargo, el adobe y el ladrillo de lodo reforzados con concreto en los bordes, y alrededor de la ventanas es utilizado frecuentemente, pero no son muy seguros por si solos en lugares vulnerables a movimientos sísmicos.

### **Métodos constructivos en tierra**

La tierra como material constructivo, ha jugado un papel muy importante en el hábitat a escala mundial. En América del Sur, ha avanzado su estudio, difusión y en especial el conservar este patrimonio como una opción para construcciones de interés social, incluyendo estudios sobre sismicidad y la normativa que la rigen, (Rotondaro 2005).

Para Viñuales (2005), las ventajas que presenta la tierra como material de construcción pueden ser sociales, culturales, técnicas, económicas, ahorro de agua, energía, incluso no contaminantes a la hora de ejecutar la construcción, sin embargo no se les ha dado su justo valor. En el transcurso del tiempo el hombre ha ido evolucionando en la construcción con tierra, inicialmente para su protección utilizando, ramas, palos,

rocas, hasta conseguir amasar el barro mejorando cada vez mas. Esta técnica basada en costumbres y tradiciones, ha ido pasando de generación en generación, y va a depender de factores ambientales, formas de vida de la población entre otros, caracterizándose estas construcciones de tierra por la mezclas de materiales como rocas, tierra y aglomerantes.

Según Rivera y Muñoz (2004), el adobe es un sistema de construcción clasificado dentro de los sistemas constructivos de tierra, realizándose estas construcciones con bloques de tierra secada al sol, unidos por aglomerantes, fabricándose de maneras variadas y diferentes granulometrías. Para elaborar los adobes se realizan rellenando los moldes con barro de consistencia pastosa o lanzando un barro menos pastoso en el molde, pudiéndose también elaborar bloques de tierra con prensas manuales. El sistema constructivo no ha cambiado en muchos años, no obstante ha ido mejorando con el uso de nuevos componentes orgánicos e inorgánicos, realizados a través de métodos físicos, físico-químicos o químicos, cambiándole las propiedades de los materiales y mejorando el comportamiento de estas estructuras.

Entre los métodos constructivos en tierra, se tiene la técnica del tapial, o tierra apisonada, en este tipo de construcciones, las propiedades bioclimáticas pueden mantener el clima relativamente estable en el interior, y como método de construcción minimiza el impacto ambiental. Con frecuencia, se deben construir los tapias sobre materiales rocosos, debido a que la tapia tiende a absorber agua comprometiendo en muchos casos su estabilidad y en climas secos se recomienda esta técnica pero no sucede lo mismo en climas lluviosos, debido a la erosión que puede ocasionar el agua en los muros, sin embargo con una adecuada fundación e impermeabilizando

apropiadamente es posible minimizar la humedad por capilaridad.

Siguiendo estos métodos constructivos en tierra, se tiene la técnica del bahareque, considerando el Centro de Investigación Hábitat y Energía (2005), que este tipo de construcción en tierra ha sido de interés por ser sustentable su ejecución, permitiendo conservar las prácticas tradicionales, solucionando problemas de viviendas de manera sencilla y a bajo costo de los materiales.

### **Desarrollo de los métodos constructivos**

Hoy día la construcción es muy variada, compleja y abierta al mundo globalizado, cuentan, con cualidades de luz y espacio, que desde siempre se asociaban a estilos tradicionales de edificaciones, pero los fundamentos técnicos siguen siendo válidos. A partir de la industrialización, se aplican determinados sistemas constructivos que van en el camino de la producción industrial, que se inicia desde el proyecto hasta culminar la construcción, extendiéndose luego al mantenimiento. Esta producción industrial conlleva a considerar elementos constructivos como el caso del prefabricado, que se apoya en un procedimiento organizado y eficiente de ejecución de obra, facilitando las operaciones, y disminuyendo la mano de obra con el montaje de los elementos. Es por ello que esta técnica ha experimentado un auge en el uso de estos elementos prefabricados.

De acuerdo con Monjo (2005), la evolución de los sistemas constructivos en los edificios se inició en el siglo XX, a partir de la introducción de dos técnicas: abandonar la estructura muraria para utilizar estructura reticular (pilares y vigas), olvidando los sistemas pasivos de acondicionamiento y pasando al uso intensivo de los sistemas de aires acondicionados electromecánicos. Por

otro lado, se agrega la difusión de materiales sintéticos como aquellos elementos metálicos protegidos contra la oxidación y materiales más compactos o la silicona para juntas, dejando a un lado la práctica del solape y drenaje en relieve por la inclinación en los planos. Otro ejemplo lo constituye el uso de láminas impermeables que ha llevado a colocar techos planos, frente a los inclinados. Sin embargo, los cambios de los sistemas estructurales, como fueron las estructuras murarias, que servían al mismo tiempo de cerramientos verticales a principios del siglo XX, se intenta el abandono de estas estructuras con la industrialización de los perfiles metálicos, permitiendo estructuras más ligeras y de mayores alturas. A partir de los años 40 del siglo pasado, es cuando comienzan a aplicarse de forma intensiva estas estructuras con la llegada del hormigón, mejorando significativamente su capacidad portante y los métodos de cálculo.

Con la introducción de estas nuevas formas de construir, aparecen inconvenientes que no se podían prever, como problemas patológicos debido a las deformaciones de estas nuevas estructuras producto de la mayor elasticidad de estas edificaciones y los movimientos relativos entre estructura y cerramiento en los apoyos. Aparecen problemas de filtración de agua de lluvia, penetrando no solo, por la porosidad de los materiales sino por las uniones entre el ladrillo y mortero. Una manera de minimizar o simplificar la construcción es con elementos prefabricados; como los paneles elaborados de madera y acero, compuestos por mezcla de fibras de madera y astilla. Son de uso común, tanto en paredes exteriores como interiores y sobretodo usadas en pequeñas viviendas, sustituyendo a los paneles de concreto reforzado y grueso, dándole además la misma apariencia que las realizadas por planchas de concreto, pues su terminación se

realiza con mezclas de mortero de cemento. En la escogencia del material de estos elementos prefabricados es significativa la importancia en lo que se refiere al criterio de impacto y conservación ambiental.

### **Métodos constructivos en concreto pretensado**

Para Nova (2010), entre los materiales en la construcción más popular se encuentra el hormigón reforzado por múltiples razones, es muy eficiente en cuanto a su resistencia a compresión, es durable, resiste al fuego, es moldeable y al lado de la alta resistencia a la tensión y ductilidad que proporciona el acero forman un material compuesto por excelencia pues reúne las grandes ventajas de estos materiales y componentes. Con el propósito de mejorar su resistencia y comportamiento bajo condiciones de servicio se ha venido utilizando el concreto pretensado y el pos tensado que resulta de crear intencionalmente esfuerzos permanentes en una estructura. Los elementos pretensados usualmente se elaboran en talleres debido a que el requerimiento de puntos de anclaje exteriores es alto para lograr el tensado de los tendones, siendo el transporte al sitio de la construcción lo que ha limitado su tamaño, siendo su uso más frecuente en dinteles, losas de piso, vigas de fundación, pilotes y balcones. Las piezas pos tensadas (torones o cables) se realizan in situ, el término se aplica al vaciado y fraguado del concreto.

### **Métodos constructivos en acero**

Estos sistemas constructivos presentan múltiples ventajas en cuanto a la calidad de la mano de obra especializada, aportan excelente rendimiento, rapidez en su ejecución tolerando correcciones por lo que incide en el control de calidad, a menores tolerancias permite dosificar mejor los materiales. Es posible realizar con el acero formas arquitectónicas especiales

y estandarización de las piezas por lo que cuando se construye una cercha o armadura metálica se está hablando de componentes prefabricados, estos elementos, que forman parte de la estructura son elaborados en talleres donde no estarán afectados por las condiciones climáticas. En paralelo se puede ir realizando labores de preparación del terreno y posteriormente, puede admitir modificaciones sí es el caso.

Las construcciones en acero permiten reutilización de encofrados y apuntalamientos, por tener tareas que se repiten, disminuye las horas improductivas, se suma a lo anterior, que no va a incidir en la producción, el mal tiempo repercutiendo favorablemente en el costo. Análogamente el transporte de los elementos y el montaje aumentan los costos y se debe tener una cuidadosa ejecución de las uniones, (Nova 2010).

### **Métodos de construcción en cimentaciones de edificaciones**

Conocer las propiedades mecánicas de los materiales naturales como el suelo y las rocas es un requisito indispensable para la práctica de levantar las estructuras que construyen los ingenieros. Considerar aspectos como el tipo de cimentaciones, así como los métodos usados frecuentemente, la experiencia y la competitividad industrial, es que algunos autores han coincidido en llamarla el arte de la ingeniería de cimentaciones, por lo tanto el factor económico, el costo de la mano de obra, el costo de los materiales permite diseñar variados tipos de cimentaciones y procedimientos de construcción, (Civil Docs 2011).

Considerar una fundación satisfactoria, es hacer que ésta no transmita al subsuelo presiones que sobrepasen la carga de seguridad o que los asentamientos producidos no sean excesivos. Determinar el tipo de cimentación para una estructura dada, va a depender

de la experiencia del proyectista, el factor económico, es decir costos relativo a mano de obra, materiales, equipo y procedimientos de construcción. Incluso prever el nivel de daño, producto de los procedimientos de construcción a una construcción cercana, es decisivo a la hora de elegir la fundación final de la estructura. Sin embargo, cuando los métodos de construcción a utilizar son muy innovadores, deberán adoptarse con precaución, porque sí los equipos no son los comúnmente usados, pueden resultar costosos y aquellos procedimientos a los que no están familiarizados los trabajadores, los operarios, y los supervisores pueden ser complicados ponerlos en práctica.

Lo primero que se debe realizar son las excavaciones para fundar una estructura, representa ésta un proceso de cierto grado de cuidado, debido a la posibilidad de encontrar una gran diversidad de materiales con propiedades significativas como limos, arenas, gravas permeables, materiales ocupados por agua o gas a presión, materiales que tenderán a desgarrarse penetrando al pozo y anegándolos. La manera en que las excavaciones se realizan en cada tipo de estrato de material diferente, requiere un proceso diferente para no comprometer la excavación. Es posible que producto de la excavación realizada en depósitos estratificados, ocurran asentamientos, aún a distancias considerables del punto donde se esté realizando. Al realizar excavaciones en estratos en arcilla blanda, ésta actúa como una sobrecarga sobre el suelo desarrollando fuerzas laterales en el subsuelo, sin embargo esta falla puede minimizarse colocando pilotes alrededor del perímetro de la excavación hasta anclarlos firmemente en el estrato firme inferior, disminuyendo los asentamientos. También se puede recurrir a llenar con un líquido pesado la perforación, realizando la excavación con taladros mecánicos, así como

también usando aire comprimido entre otros métodos (Civil Docs, 2011).

Para las perforaciones en arena que están por encima del nivel freático generalmente húmeda su cohesión facilita la excavación pero cuando se encuentra por debajo del nivel freático se recomienda abatirlo antes de la construcción. Es por ello que cuando se ejecutan las perforaciones abajo del nivel de la fundación por lo general deberán apuntalarse con apoyos temporales. Estos son postes inclinados que soportan el peso de los muros que quedan arriba de los apoyos, descansando estos sobre armazones, pero solo se recomienda para estructuras de poca importancia. Si lo que se desea obtener es un buen apoyo, se cortan los muros o columnas en sus bases embutiendo gatos entre las fundaciones y los muros o columnas que lo soportan, de manera que con el avance de la excavación se van ajustando estos gatos para mantener nivelados tanto los muros como las columnas.

Va a depender del subsuelo, la profundidad a la que se va a colocar la zapata de la carga a la que va a estar sometida. Resulta conveniente en muchos casos, profundizar hasta donde se encuentre un suelo firme que disminuir su profundidad debido a que el área que va a necesitar la fundación va a ser menor. Con frecuencia, es necesario bombear la excavación para realizar la fundación para zapatas de concreto reforzado pues, estas requieren superficies secas como consecuencia los costos se elevaran de manera importante. Al realizar las excavaciones, éstas provocan deformaciones como resultado del cambio de estado de esfuerzo que se produce en las rocas o suelo, siempre éste cambio va a ocurrir pues las excavaciones están asociadas a movimientos de la superficie del terreno, tales movimientos van a tener carácter de asentamientos, allí es donde el ingeniero debe

tener particular cuidado para prever daños o asentamiento dentro de cierta tolerancia. Si se efectúan excavaciones poco profundas se pueden realizar sin apuntalamiento de manera que se construyan taludes que soporten el material, donde la inclinación de éstos, va a depender de las características de las rocas o suelo, de las condiciones climáticas de la zona y el tiempo que estará expuesta la perforación, (Civil Doc.com 2011). Por lo que al preparar un proyecto para grandes obras civiles, el ingeniero está en la obligación de especificar y detallar los procedimientos y métodos de construcción que van a ser utilizados y posiblemente a proyectar el apuntalamiento.

### **Sistemas constructivos en puentes**

La construcción de un puente se remonta a épocas muy antiguas, se puede decir que sus inicios se fabricaron con entramados de lianas pasando por los de madera. En China aparecen sobre el año 70 a.C., los primeros puentes colgantes, reemplazados por puentes colgantes de hierro hacia el año 250 d.C. mención especial los que construyeron los romanos con diversos materiales, como la piedra con armazones de hierro dándole estabilidad al arco construidos sobre tarimas huecas. En 1780 se fabrica el primer puente metálico de arco realizado en fundición pasando con el tiempo a los de hierro laminado y siguiendo a los de acero.

Así se tienen: los puentes metálicos y los puentes de hormigón (In situ, prefabricación, otros). En este tipo de trabajo, existen factores que intervienen en la elección del sistema constructivo; dimensión de la obra en cuanto a geometría, volumen y su repetitividad, así como el lugar de ejecución, la distancia del centro de abastecimiento, accesibilidad, disponibilidad de medios de transporte y montaje. Por lo tanto, los

sistemas constructivos más utilizados en los puentes son los prefabricados pues los cambios que ha experimentado al innovar en materiales y tecnología en la industria de la construcción han incidido en mejorar los proyectos tomando en consideración también los costos e impacto ambiental. Una de las razones que justifican su uso además de las ya mencionadas es que depende menos de las condiciones climáticas o imposibilidad de realizar vaciados en sitio.

Por otro lado Percivati (2006), considera que los elementos estructurales principales de luces moderadas se construyen como elementos prefabricados y ha ido aumentando la frecuencia del uso de los elementos secundarios prefabricados. Paradójicamente para la construcción de la superestructura específicamente en los apoyos del puente no es tan usual el uso de la prefabricación, exceptuando quizás algunos elementos como los pilotes hincados. En la construcción de la infraestructura de puentes, la prefabricación no es habitual, con excepción como se dijo anteriormente, de pilotes prefabricados o pantallas prefabricadas para contener material de relleno, por lo que tanto en las pilas como en los estribos se realizan con concreto vaciado en sitio, de manera que el concreto premezclado y el acero doblado y armado optimizarían el tiempo y los recursos. La construcción in situ es muy ventajosa, utiliza sistemas de encofrado industrializados con la posibilidad de bombeo de hormigón, junto al corte y armado en fábrica, como es el caso de los dinteles, columnas y pilas.

El uso de elementos prefabricados tipo pantalla se pueden adaptar como muros de sostenimiento en los extremos de los puentes, soportando el empuje del terraplén en los estribos, sin embargo los muros de sostenimiento no forman parte del puente, pero son importantes en estas obras viales. Al emplear la prefabricación

en hormigón le da la posibilidad, no solo de eliminar los encofrados que son en sí muy costosos sino que sus acabados resultan desde el punto de vista arquitectónico muy vistosos. Al utilizar elementos prefabricados, desde el punto de vista estructural elimina patologías muy comunes en los muros como las fisuras por contracción y por ser elementos independientes, los asentamientos diferenciales serán menores. Así, al elaborar un proyecto deberá tomarse en consideración la posibilidad de adaptar distintas tecnologías que puedan existir en el mercado. Se puede decir que el diseño de un puente también queda determinado por su uso pudiendo ser, para el paso de peatones, de trenes, de tráfico automotor, de tubería de gas o de agua, así, un acueducto es un puente que transporta agua similar a un viaducto que conecta puntos de altura semejante.

Son interesantes los procedimientos constructivos de puentes como los de arco, que aparecen en las culturas mesopotámicas, aunque data de la edad moderna, se construyeron sin base teórica con desconocimiento de su comportamiento. Los puentes viga, aparecen inicialmente contruidos de madera, desapareciendo con la introducción del acero y el concreto armado, y es a principio del siglo XX donde comienzan con los de hormigón armado apareciendo en el año cincuenta los de hormigón pretensado. Los procedimientos constructivos más usuales son los de construcción sobre cimbra in situ, usualmente para luces pequeñas o medianas, y consiste en una viga metálica que se apoya en las propias vigas del puente. El puente pórtico, que inicialmente se construyó de madera pasó a ser metálico y de concreto hacia inicio del siglo XX, su procedimiento constructivo se realiza in situ, sobre cimbra, voladizos sucesivos atirantados, giro de pila, mixta y tirantes y apoyos provisionales. Los puentes colgantes

surgen en el siglo XVII evolucionando hacia el siglo XIX con el cálculo estático y los puentes atirantados que surgen en Alemania, observándose escasa disposición de los tirantes y grandes distancias de anclaje del tablero, evolucionando en el sentido de aportar más tirantes y reducir las distancias de anclaje.

### **Industrialización de la construcción**

El sector de la construcción ha estado invirtiendo en innovación, así como en investigación debido a que los procesos constructivos han ido cambiando aunque de forma muy lenta. La evolución ha apuntado en algunas direcciones: mayores niveles de sostenibilidad en todo el período de vida de la vivienda, en cuanto al diseño de viviendas más accesibles, y un aumento en la industrialización del sector. Para Aretxabala (2007), la construcción de las viviendas sigue siendo hasta ahora en gran medida artesanal, por otro lado, existen factores que han influido hacia la industrialización de manera irreversible. La introducción de la cultura del cero defecto en los productos del día a día, es lo que lleva a que, al adquirir una vivienda no se comprenda que algo tan costoso tenga tantos defectos.

La siniestralidad de la construcción es alta, al compararla con el de la industria, y uno de los motivos es la forma en que se siguen ejecutando los procesos productivos. De la misma manera, la falta de mano calificada hace necesario darle el justo valor al trabajo que hace la gente en obra, pero deben mejorar las condiciones de trabajo que están tan distantes de un operario industrial. En la actualidad existen sistemas industrializados de muchos elementos que se utilizan en la construcción, algunos de ellos de manera cotidiana como son las fachadas y cerramientos interiores, pilares y vigas completamente industrializadas. La

búsqueda de nuevos métodos de construcción sólo ha sido posible en la rama de la industria donde fuese posible la industrialización, los métodos de montaje en las construcciones han aumentado; aplicándose en construcciones de fábricas y granjas. La industria del acero comenzó con la producción de piezas estandarizadas, así mismo la madera está tratando de hacer lo propio. Sin embargo, el trabajo manual no puede eliminarse pues es éste, el que permite la existencia de pequeños empresarios, (Aretxabala, 2007).

Al industrializar la construcción se busca, tecnificar la obra, la rapidez del trabajo, tiempos de ejecución, eficiencia en los controles de la obra, precisión y acabados perfectos de manera que reduzca la intervención de la mano de obra, mecanizando el montaje de los elementos de manera que sea menos ejecución artesanal. El objetivo de la industrialización es la organización y la planificación financiera, así como la coordinación de las actividades y sin duda en el campo de los costos, apunta hacia presupuestos más reales, óptimos controles en los materiales, mano de obra no especializada y eliminación tiempos muertos. En el mundo y sobre todo en países en vías de desarrollo, específicamente en Latinoamérica, la vivienda se ha convertido en un problema debido al aumento de la tasa de crecimiento poblacional, es por ello que la producción de vivienda se ha venido industrializando con sistemas no tradicionales. Aparecen los prefabricados, basados en paneles estructurales de nueva generación y cuyo rendimiento puede producir cientos de casas diarias, influyendo culturalmente y económicamente en nuestros habitantes, (PAN-ISOX, 2006).

Desde el punto de vista económico para Baez y Álvarez (2009), utilizar elementos prefabricados en la construcción resulta costoso en los países en vías de desarrollo, al

compararlos con los sistemas constructivos tradicionales es decir, los que emplea mano de obra de manera intensiva. En cuanto a los costos directos, los métodos prefabricados resultan más altos, al compararlos con los métodos tradicionales, sin embargo en los sistemas constructivos prefabricados pueden ajustar los precios de venta de acuerdo al volumen de obra.

En Venezuela, el gobierno ha implementado varios sistemas de construcción, se tiene entre otros, el llamado sistema de construcción petrocasas, y el sistema de construcción prohama.

El sistema de construcción petrocasas está basado en el ensamblaje de viviendas de concreto con encofrados perdidos, cuyo principal componente es una mezcla polimérica, (policloruro de vinilo), material producido por la corporación petroquímica de Venezuela. El PVC, es miembro de la familia de los polímeros, se encuentra entre los más utilizados, con amplia variedad de aplicaciones en la vida moderna principalmente en las construcciones. Las construcciones en las que se pueden emplear las petrocasas, son en edificación hasta de cinco pisos, se diseñan y fabrican perfiles que pueden ser utilizados en paredes, ventanas marcos y machihembrado. Para Pequiven (2011), el sistema constructivo de las petrocasas tiene la ventaja de ser de fácil manejo y ensamblaje, reduce el costo de los materiales, del tiempo de construcción y del costo de la vivienda fomentando la autoconstrucción. Son estructuras sismo resistentes, resisten al fuego, son aisladores térmicos, eléctricos y acústicos con bajo mantenimiento. Estas características de los sistemas constructivos de las petrocasas permiten industrializar y masificar proyectos de autoconstrucción. Así mismo el sistema de construcción prohama surge también en Venezuela para dar respuesta al déficit

habitacional y en gran medida con tendencia a la industrialización. Este sistema de construcción masiva permite que una casa se pueda construir en quince días bajo la modalidad de autoconstrucción.

Prohama consiste en articular un conjunto de paneles y piezas pre-construidas, listas para ser armadas. El sistema constructivo se basa en piezas centrales, siendo una estructura de acero y paneles o losas prefabricadas rígidas, este sistema se puede expandir y combinar con otros materiales tradicionales de construcción.

Como resultado la industrialización de las construcciones representa un avance producto de nuevos materiales y novedosas tecnologías siempre con miras a mejorar la calidad de vida a los usuarios. De acuerdo a la documentación revisada se observa que en cuanto a los sistemas constructivos de concreto armado, resultan seguros, flexibles y relativamente económicos, pues no requiere mano de obra especializada y su uso es generalizado, pero en ambientes húmedos y cálidos tienden a agrietarse y a producir hongos y salitre, lo que eleva el costo de mantenimiento y reduce su vida útil. Añadido a esto, las estructuras hechas con concreto en los trópicos se calientan en exceso, haciendo necesario el uso de sistemas de aire acondicionado.

El sistema constructivo con el que se deba trabajar es aquel que más se adapte a las condiciones de proyecto, lugar de trabajo y máxime, aquel que mejor resulte de un análisis técnico-económico. Se puede afirmar entonces, que todos los sistemas constructivos son valiosos y adaptarlos dependerá de una evaluación para justificar cual es el que presenta mayor ventaja. Sin embargo, la desconfianza injustificada hacia los edificios prefabricados hace que los avances en este campo no hayan sido muy

grandes a pesar de las novedosas soluciones que han aportado en la construcción las nuevas tecnologías, su aplicación no ha alcanzado el punto deseado, quizás en parte para el caso de Latinoamérica al factor económico y social.

#### Referencias bibliográficas:

- Aretxabala P. Industrialización: el futuro de la Construcción. 2007 [citado 13 Nov 2011]. Disponible en: <http://hontza.wordpress.com/2007/02/13/industrializacion-el-futuro-de-la-...construccion/> .
- ARQHYS architecs site. s/f [citado 12 Nov 2011]. Disponible en: <http://www.arqhys.com/sector-construccion.html>.
- Asociación Argentina de PVC. El PVC en la construcción. 2002 [citado 17 Dic 2011]. Disponible en: <http://www.aapvc.org.ar/admin/archivosNoticias/61triptico-n%C2%B02.pdf> .
- Baez J, Álvarez S. Simulación técnica económica de dos sistemas de construcción de techumbre en el sureste de México. 2009 [citado 8 Dic 2011]. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732009000200004&lang=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732009000200004&lang=es).
- Bernal A. Todo Arquitectura.com EL portal de Arquitectura, Ingeniería; Diseño y Construcción. 2007 [citado 19 Nov 2011]. Disponible en: [http://www.todoarquitectura.com/v2/foros/Topic.asp?Topic\\_ID=29027&FORUM\\_ID...=27&CAT\\_ID=5&Forum\\_Titl e=Consultas+%2F+Ayuda&Topic Title=losa+de+tech.....o+y+losa+fun daci%F3n%21](http://www.todoarquitectura.com/v2/foros/Topic.asp?Topic_ID=29027&FORUM_ID...=27&CAT_ID=5&Forum_Titl e=Consultas+%2F+Ayuda&Topic Title=losa+de+tech.....o+y+losa+fun daci%F3n%21).
- Cassinello F. Construcción: Hormigoneria. 1996 [Libro en línea]. [citado 2 Nov 2011]. Disponible en: [http://books.google.com/books?id=zDnQsoo\\_uEIC&pg=PA79&dq=metodos+de+cons.....tru ccion&hl=es&ei=8cmu#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=zDnQsoo_uEIC&pg=PA79&dq=metodos+de+cons.....tru ccion&hl=es&ei=8cmu#v=onepage&q&f=false).
- Castro D, Aja J. Organización y control de obras. 2005 [Libro en línea]. [citado 5 Nov 2011]. Disponible en: [http://books.google.com/books?id=zxHJccmj\\_WwC&pg=PA145&dq=EJECUCION+.....D E+OBRAS&hl=es&#v=onepage&q=EJE CUCION%20DE%20OBRAS&f=false](http://books.google.com/books?id=zxHJccmj_WwC&pg=PA145&dq=EJECUCION+.....D E+OBRAS&hl=es&#v=onepage&q=EJE CUCION%20DE%20OBRAS&f=false).

- Centro de investigación hábitat y energía. 2005 [citado 23 Nov 2011]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/61235159/Construccion-Con-Tierra> .
- Centro de Investigación Hábitat y Energía. Construcción en tierra. 2005. [citado 27 Nov 2011]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/61235159/Construccion-Con-Tierra>.
- Civil Docs. Excavación en Depósitos Estratificados. 2011. [citado 5 Nov 2011]. Disponible en: <http://www.civildocs.com/search/label/Excavaciones>.
- Civil Docs. Tipos de cimentaciones y métodos de construcción. 2011 [citado 5 Nov 2011]. Disponible en: <http://www.civildocs.com/2011/05/tipo-de-.....cimentaciones-y-metodos-de.html>.
- Contreras W, Owen M, Thomson E. Diseño de una vivienda industrializada, plegable y transportable con productos forestales, para disminuir el déficit habitacional venezolano. 2004 [citado 14 Nov 2011]. Disponible en: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24110/2/articulo4.pdf>
- Definición.de. Definición de viga .s/f [citado 17 Nov 2011]. Disponible en: <http://definicion.de/viga/>.
- El pequeño Larousse ilustrado 2005.
- Gonzalo A. Estudio de La Aplicabilidad de Materiales Compuestos al Diseño de Estructuras de Contención de Tierra y Su Interacción con El Terreno. 2008 [citado 14 Nov 2011]. Disponible en: [http://oa.upm.es/1169/1/GONZALO\\_ANDRES\\_JARA\\_MORI.pdf](http://oa.upm.es/1169/1/GONZALO_ANDRES_JARA_MORI.pdf).
- Glosario.net. Entrepiso. 2006 [citado 21 Nov 2011]. Disponible en: <http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/entrepiso-6998.html>
- Jeuffroy G. Proyecto y construcción de carreteras. 2007. [citado 2 Nov 2011]. Editorial Eyrolles-editeur-paris Disponible en: <http://books.google.com/books?id=tOpIv6sfaRAC&pg=PR15&dq=metodo+s+de+const.....ruccion&hl=es&ei=fciuTp>.
- Magro J, Marín R. La Construcción en la edad media. 1999 [Libro en línea] [citado 5 Nov 2011]. Disponible en: [http://books.google.es/books?id=jaRIjCHjc6gC&pg=PA13&hl=es&source=gbs\\_toc\\_r.....&cad=4#v=onepage&q&f=false](http://books.google.es/books?id=jaRIjCHjc6gC&pg=PA13&hl=es&source=gbs_toc_r.....&cad=4#v=onepage&q&f=false).
- Minke G. Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. 2005 [citado 9 Dic 2011]. Disponible en: [http://www.itacanet.org/esp/construccion/Construccion\\_tierra.pdf](http://www.itacanet.org/esp/construccion/Construccion_tierra.pdf).
- Monjo J. La evolución de los sistemas constructivo en la edificación. Procedimientos para su industrialización. 2005 [citado 11 Nov 2011]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/23065/1/554.pdf>.
- Murcia J, Aguado A, Bernat M. Hormigón armado y pretensado. 1993 [citado 3 Nov 2011]. Disponible en:.....[http://books.google.es/books?id=W.....uan+Murcia+Vela%22&hl=es&sa=X...&ei=rT7vTsjJFu\\_J0AGmhfhCQ&ved=0CDcQ6AEwAA#v=onepage&q=inauthor%3A%22Ju.....an%20Murcia%20Vela%22&f=false](http://books.google.es/books?id=W.....uan+Murcia+Vela%22&hl=es&sa=X...&ei=rT7vTsjJFu_J0AGmhfhCQ&ved=0CDcQ6AEwAA#v=onepage&q=inauthor%3A%22Ju.....an%20Murcia%20Vela%22&f=false).
- Nova J. Sistema constructivo prefabricado aplicable a la construcción de...edificaciones en países en desarrollo. 2010 [citado 15 Nov 2011]. Disponible en: [http://oa.upm.es/4514/1/TESIS\\_MASTER\\_JOEL\\_NOVAS\\_CABRERA.pdf](http://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf).
- Orozco E. Notas sobre materiales, técnicas y sistemas al mismo tiempo. 2008 [citado 27 Nov 2011]. Disponible en: [http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798...96012008000200002&lng=es&nrm=is](http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798...96012008000200002&lng=es&nrm=is).
- PAN-ISOX. Sistemas Constructivos de edificaciones y viviendas. 2006 [citado 13 Nov 2011]. Disponible:... <http://www.norcapinc.com/docs/panisox01.pdf>.
- Percivati F. Métodos y sistemas constructivos en puentes de hormigón y reciente utilización en la República de Argentina. 2006 [citado 19 Nov 2011]. Disponible en: <http://materias>.

- [fi.uba.ar/7405/apuntes/SIABE0039.pdf](http://fi.uba.ar/7405/apuntes/SIABE0039.pdf).
- Pérez S. De la construcción a los proyectos. 2004 [citado 27 Nov 2011]. [Libro en línea. Disponible en: ...<http://books.google.com/books?id=EoKt31xU6EcC&pg=PA71&dq=metodos+de+construccion&hl=es&ei=tseuT#v=...> .
- Pequiven. Qué es petrocasa. 2001 [citado 17 Nov 2011]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/20602892/Petrocasa>.
- Popov E. Elemento estructural. Engineerin mechanics of solid. 1990 [citado 17 Nov 2011]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Elemento\\_estructural](http://es.wikipedia.org/wiki/Elemento_estructural).
- Rivera J, Muñoz E. Caracterización estructural de materiales de sistemas...constructivos en tierra: el adobe. 2005 [citado 23 Nov 2011]. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/laccei/index.php/RIDNAIC/article/viewFile/98/97>.
- Rotondaro R. Arquitectura y construcción con tierra. 2005 [citado 24 Nov 2011]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/61235159/Construccion.....Con-Tierra>
- Slabbert N. Richard Buckminster Fuller`s Plea for Comprehensive Desing. Washinton DC: Urjan Land Magazine. 2007 [citado 18 Nov 2011]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Buckminster\\_Fuller](http://es.wikipedia.org/wiki/Richard_Buckminster_Fuller)
- Strike J. De la construcción a los proyectos. 2004 [citado 3 Nov 2011]. [Libro en línea]. Disponible en: ...<http://books.google.com/books?id=EoKt31xU6EcC&pg=PA71&dq=metodos+de+con...struccion&hl=es&ei=tseuT#v=onpage&q&f=false>.
- Torres J. Ejecución de obras – Concepción. 2004 [citado 2 Nov 2011]. Disponible en: ...[http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_civil/ejecuciondeobras/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_civil/ejecuciondeobras/).
- Viollet Duc E. La construcción medieval: el artículo construcción del... dictionnaire media. 2000 [citado 19 Nov 2011]. Disponible en: ...[http://books.google.com/books?id=P7ow0B...n&hl=es&ei=8cmuTpaqEund0QGz...6Ij\\_Dg&sa=X&oi=book\\_res#v=onpage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=P7ow0B...n&hl=es&ei=8cmuTpaqEund0QGz...6Ij_Dg&sa=X&oi=book_res#v=onpage&q&f=false)
- WordReference.com. Diccionario de la lengua española. 2011 [citado 19 Nov 2011]. Disponible en: <http://www.wordreference.com/definicion/columna>.
- Wikipedia. La enciclopedia libre. tecnología. 2011 [citado 2 Nov 2011]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%ADa> .
- Wikipedia. La enciclopedia libre. 2001 [citado 2 Nov 2011]. Disponible en: (<http://es.wikipedia.org/wiki/Construcci%C3%B3n>).
- Viñuales,G. La arquitectura de barro y la conservación del ambiente. 2005 [citado 24 Nov 2011]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/61235159/Construccion-Con-Tierra>.