

VALORACIÓN SOBRE REMACHES, TORNILLOS Y RASCACIELOS DE ACERO. UNA REPRESENTACIÓN DE SUS ASOCIACIONES DESDE LA NOCIÓN DEL ACTANTE RIZOMA.

Dra. Arq. Alejandra González¹

¹ Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela,
e-mail: alejandra_gonzalezve@yahoo.com

RESUMEN

Los tornillos y pernos no siempre existieron. Los primeros objetos fabricados con hierro, forjado o fundido, resolvían las uniones entre piezas mediante el uso de clavijas, barras o remaches. El surgimiento del acero como material producto de la aleación de hierro, carbono y otros materiales metálicos para mejorar sus propiedades físico-mecánicas, determinó la posibilidad de contar con un material tenaz, maleable y a la vez dúctil. Estas nuevas propiedades del material estimularon la aparición de tornillos y pernos, por supuesto aunado a la invención y mejora de equipos y maquinarias especializadas para su fabricación económica y accesible y con base en el antiguo concepto del tornillo de Arquímedes. La creación y evolución de tornillos y pernos ha sido factor fundamental para agenciar la existencia de puentes y rascacielos en acero, sin ellos hubiera sido imposible realizar las complejas conexiones entre miembros estructurales necesarias para su construcción. Las explicaciones sobre el desarrollo tecnológico desde las epistemes tradicionales dan cuenta básicamente de una visión dualista de la ciencia y la tecnología. Esta ponencia presenta una aproximación a este asunto desde la noción del “Actante Rizoma de Bruno Latour” teoría mediante la cual podemos abordar la comprensión del desarrollo tecnológico y a la innovación, en términos del “poder de actuación” de un determinado “actante” o de “apertura de cursos de acción”, “asociaciones” y “traducciones” de los entes humanos y no humanos en el surgimiento de un determinado paso de desarrollo o innovación tecnológica, desde una postura paradigmática que apuesta por la “simetría de los actantes”. Metodológicamente realizamos una investigación documental y entrevistas a profundidad a informantes expertos en el campo. Como resultado obtendremos a una primera identificación de actantes entre el tornillo y el rascacielos y una aproximación a la red de asociaciones entre ellos en su desarrollo tecnológico e innovación (D+i) desde la noción del “Actante Rizoma” de Bruno Latour.

Palabras clave: Acero, rascacielos, tornillos, conexiones, D+i, Actante-Rizoma.

INTRODUCCIÓN

Todo desarrollo tecnológico, innovación e invención se concreta en la convergencia de una serie de pre-existencias y de interacciones entre ellas. Algunas azarísticas, otras planificadas y no siempre necesariamente lógico-secuenciales o producto de la aplicación de un método pre-establecido, abren un curso de acción para que surja algo nuevo y mejor. Una serie de elementos que ya existían se interrelacionan de una nueva forma.

Los estudios tradicionales de ciencia, tecnología y sociedad han dado explicaciones a este fenómeno desde la perspectiva de la iniciativa de los actores, con gran énfasis de los factores socio-culturales presentes en el momento de su ocurrencia. Estas explicaciones y las representaciones que de ellas se derivan suelen estar muy determinadas por la visión antropocéntrica² y dualista³ de la ciencia, quedando de esta forma excluidos del análisis muchos aspectos que también suelen intervenir en el desarrollo de la tecnología y en la concreción de la innovación.

Lo pre-existente puede ser humano y no humano y la red de asociaciones que entre estos entes se da, es determinante para el surgimiento de un determinado cambio o “traducción” en el estado de arte de un campo, una innovación incremental o radical, o un salto tecnológico importante.

En el campo de la construcción en acero este fenómeno posee una particular lectura, por una parte debido a las evidentes etapas de evolución del material acero reconocidas por la historiografía de la tecnología, y por otra debido a la muy específica cadena de valor de la producción del hierro y el acero, claramente definida por la industria siderúrgica. Las representaciones sobre la comprensión del desarrollo tecnológico y la innovación en el campo de las construcciones en acero y de la producción de componentes constructivos en este material, se orientan predominantemente al estudio de edificaciones representativas de este desarrollo, a la identificación de ciertos hitos en el desarrollo ligados a personajes específicos como responsables de las invenciones que lo han impulsado o a progresos en determinados puntos de la cadena de valor industrial de la producción del acero y los componentes constructivos.

Esta explicación del desarrollo de tecnologías constructivas en acero, determina una visión parcelada y desintegrada de los aspectos humanos y no humanos que la obstaculizan o la estimulan. Se habla de actores industriales, académicos, gubernamentales, empresariales etc, como agentes diferenciados y enfrentados por visiones en conflicto o por intereses confrontados.

En los años 80 un filósofo y antropólogo social llamado Bruno Latour, cristalizó una teoría denominada *La Teoría del Actor Red (ANT)* de sus siglas en inglés Actor Net Theory, que más adelante en su proceso evolutivo devino en *Ontología del Actante Rizoma*, derivado de los estudios sociales de la ciencia también de los años 80.

La teoría del “Actante Rizoma” de Bruno Latour nos permite introducirnos en un novedoso enfoque para explicar el Desarrollo Tecnológico y la Innovación desde una nueva perspectiva. Por una parte la noción de actante para referirse a actores que no necesariamente son solo humanos, y por otro el concepto de Rizoma tomado directamente de la Botánica para identificar aquellas especies vegetales que, a diferencia del sistema arbóreo, crecen horizontalmente bajo la tierra generando diversos nodos o “rizomas” que a

² Que tiene como centro al hombre.

³ El dualismo es una doctrina filosófica que plantea que la existencia de las cosas obedece a dos principios irreductibles, independientes y explicativos de la existencia de lo real.

su vez permiten el crecimiento de diversas plantas conectadas a ese eje principal multinodal. Posteriormente transformado en concepto filosófico por Gilles Deleuze y Félix Guattari en su proyecto Capitalismo y Esquizofrenia (1972, 1980).

*El concepto de **Rizoma** es un concepto filosófico desarrollado por Gilles Deleuze y Félix Guattari en su proyecto Capitalismo y Esquizofrenia (1972, 1980). Es lo que Deleuze llama una "imagen de pensamiento", basada en el rizoma botánico, que aprehende las multiplicidades.*

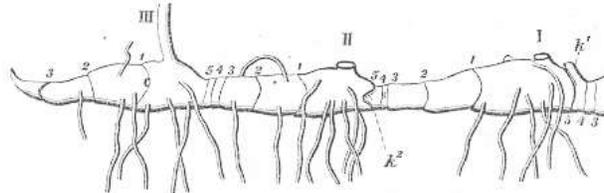


Figura 1. Rizoma botánico.

Fuente: <http://lexicoon.org/es/rizoma>. Recuperado el 18 Marzo 2016.

Para Gilles Deleuze y Félix Guattari, un **rizoma** es un modelo descriptivo o epistemológico o una imagen de pensamiento en el cual los elementos no siguen líneas de subordinación jerárquica para organizarse como ocurre con el árbol, sino que cualquier elemento puede afectar o incidir en cualquier otro (Deleuze & Guattari 1972:13).

En un modelo arbóreo o jerárquico tradicional de organización del conocimiento — como las taxonomías y clasificaciones de las ciencias generalmente empleadas— lo que se afirma de los elementos de mayor nivel es necesariamente verdadero de los elementos subordinados, pero no a la inversa. En un modelo rizomático, cualquier predicado afirmado de un elemento puede incidir en la concepción de otros elementos de la estructura, sin importar su posición recíproca. El rizoma carece, por lo tanto, de centro, un rasgo que lo ha hecho de particular interés en la filosofía de la ciencia y de la sociedad, la semiótica y la teoría de la comunicación contemporáneas....

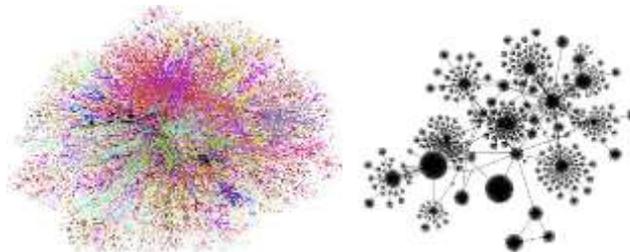


Figura 2. Representación gráfica del Rizoma Epistemológico.

(fuente: http://vitalidadzalvaje.blogspot.com/2012/12/sociedades-de-control-vs-rizoma_20.html). Recuperado el 18 Marzo 2016).

Además de la noción de “Actante Rizoma” esta teoría nos aporta otro aspecto de gran interés, el poder de actuar o incidir en otro “actante””. Callón (1998) otro de los autores de este novedoso enfoque expresa:

“Un actor no es un individuo (o una colectividad de ellos). El actor se define más bien por los efectos de sus acciones, de tal manera que un actor es cualquier elemento con el poder de “actuar” sobre otros, ya sea un científico, un ingeniero, un político o un líder de un movimiento social, pero también una vieira, un barco, una bacteria, una rata de laboratorio, la bisagra de una puerta o un badén colocado en la carretera para que los coches aminoren su velocidad”.

PRIMEROS TIPOS DE UNIONES DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS EN ACERO.

Casi todos los componentes que conocemos en la construcción hoy, se hicieron primero en piedra o madera y luego en hierro. La piedra y la madera son materiales de existencia más perceptible para el ser humano, que el hierro. La madera estaba allí, evidente, y sus atributos demostrados en la propia naturaleza, fundamentalmente en esa gran lección de ingeniería y arquitectura que es un árbol. La piedra común también, ostentando sus propiedades mecánicas de forma directa.

El hierro en cambio en su aspecto natural de óxido de hierro, se parece a cualquier piedra y debieron concurrir muchas circunstancias- aleatorias algunas- para que el hombre pudiera percibir su existencia, experimentar con él, des-velar⁴ sus propiedades y en consecuencia conocerlo.



Figura 3. Cerro Bolívar Edo. Bolívar Venezuela y piedra de óxido de hierro.
Foto del autor.

Las primeras formas de unión de piezas para la construcción de edificaciones fueron realizadas con tarugos o clavijas de madera. Una vez des-cubierto el hierro y sacado de su forma natural de óxido de hierro a base de someterlo al calentamiento con brasas de carbón vegetal⁵, pudo iniciarse el proceso de fabricación de piezas de hierro forjado y/o

⁴ Utilizamos aquí el término en su acepción filosófica de “quitar el velo”, des-cubrir, poner de manifiesto algo que estaba oculto, planteada por Heidegger. El afirma: “...si no hay desvelación no hay ser, volvemos entonces a la idea de que en la práctica no hay ser con existencia externa y por sí mismo, es dependiente del acontecimiento que lo desvela”.

⁵ El óxido de hierro calentado sobre brasas de carbón es la forma precursora del acero. Es en este sencillo acto de ablandar el hierro donde se sientan las bases conceptuales de la futura producción de aceros.

fundido, incluidas las piezas de construcción, y piezas de fijación y unión de componentes constructivos, como lo son los remaches, tornillos y más adelante los pernos.

El ser humano comenzó desde tiempos muy remotos a golpear con martillos el hierro caliente, al rojo vivo, para dar forma mediante la deformación plástica por impacto que permite la forja, a diversos tipos de utensilios, tanto decorativos como utilitarios. Es en la deformación plástica por compresión que se realiza con la forja, donde se ubica el origen de la moderna laminación continua en trenes, tanto en caliente como en frío, que permite la elaboración de complejísimos componentes para la construcción utilizados hoy día.



Figura 3. Escultura en la tumba de un herrero romano muestra al obrero trabajando en su yunque y su asistente utilizando un fuelle para calentar metales en un caldero, y herramientas del oficio. Fuente: <http://www.encyclopediahistoria.com/2014/04/las-artes-antiguas-500-ac-500-dc.html> Recuperado el 4 Marzo 2016

Las aplicaciones del hierro en la construcción fueron posteriores a las aplicaciones ornamentales o para la guerra, y más tardías aún las aplicaciones de carácter estructural debido a la baja calidad- tenacidad y templabilidad- y al alto costo del hierro que se producía entonces.

Finalmente comenzó a ser posible la fabricación de cuñas⁶ y clavijas de hierro forjado o de los primeros tipos de roblones o remaches, que fueron un factor detonante en la posibilidad de producir estructuras en hierro forjado o colado.



⁶ El Iron Bridge fue realizado con uniones de cuña “sin un solo tornillo o remache”. Fue la primera aplicación del hierro fundido estructural a esta escala (Derry y Williams, 1984). En él se aplicaron técnicas propias de la construcción en madera y nociones estructurales de los puentes de arco de piedra. “El Iron Bridge se alza no solo como monumento al pensamiento innovador que precedió a la revolución industrial, sino también como jalón del vertiginoso progreso tecnológico que ha experimentado la ingeniería desde entonces” (Dupré, 2000). Fue declarado por la UNESCO patrimonio de la humanidad y es considerado por algunos la primera obra de construcción high-tech del mundo, es hoy todavía un puente utilizado para el paso de peatones (Cilento, 2000).

Figura 4. El Iron Bridge (Coalbrookdale Inglaterra 1779) considerado el primer puente de acero del mundo.. Fuente: <http://www.ironbridge.org.uk/collections/our-collections/engineering/the-iron-bridge/blind-dovetail-joint-on-the-iron>. Recuperado el 7 de Marzo de 2016.

Remaches

Los roblones⁷ y posteriormente los remaches son elementos de fijación elaborados con hierro forjado en primera instancia, que se aplicaron mediante la aplicación de calor y presión para su fijación, en las primeras construcciones estructurales en acero: puentes y los primeros rascacielos (en cierta forma puentes que se erigieron o colocaron verticalmente). Al respecto la obra de Gustav Eiffel es emblemática en cuanto a puentes y la Torre Eiffel en su momento un importante referente de la construcción de rascacielos.⁸



Figura 4. Roblones de acero Fuente: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Detalle de la Torre Eiffel](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Detalle%20de%20la%20Torre%20Eiffel) en la que se aprecian los roblones en las uniones, un total de 2 500 000 unidades. Fuente: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Detalle de la Torre Eiffel](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Detalle%20de%20la%20Torre%20Eiffel) Fuente: <http://www.infojardin.com/> Recuperados el 04 de Marzo 2016.



Figura 5. Remaches en frío de alta resistencia
<http://www.thebellmeade.com/s/del-remache-buster/>
Recuperado el 04 de Marzo 2016.

⁷ Un roblón o remache es un elemento de fijación que se emplea para unir de forma permanente dos o más piezas. Consiste en un tubo cilíndrico (el vástago) con una cabeza. Las cabezas tienen un diámetro mayor que el resto del remache, para que así al introducirlo en un agujero pueda encajar. Se utiliza para unir dos piezas distintas, sean o no del mismo material.

⁸ Una importante cantidad de puentes construyó Gustav Eiffel-el Mago del Hierro-(Dupré, 2000), antes de atreverse a proyectar la torre Eiffel, su obra más reconocida. Al respecto (González, 2013) expresa:

“A la Torre Eiffel la precedieron numerosos puentes diseñados y construidos por Eiffel, que fueron la antesala a esta, su más destacada obra. Entre ellos, para quienes deseen profundizar en este tema: el Viaducto de María Pía en Portugal (1877), el Viaducto de Garabit en Francia, entre otros.”

El tornillo de Arquímedes y sus aplicaciones.

La idea del tornillo para elevar agua o cereales fue de Arquímedes inventor, físico, ingeniero y matemático nacido en Sicilia (Siracusa) hacia el 287 A.C. Básicamente se trata de un artefacto constituido por una superficie en espiral alrededor de un eje, que basado el principio matemático planteado por Arquímedes y que también lleva su nombre, actúa como ascensor permitiendo la elevación mediante el giro con una manivela, del agua o los cereales sobre la superficie en espiral.

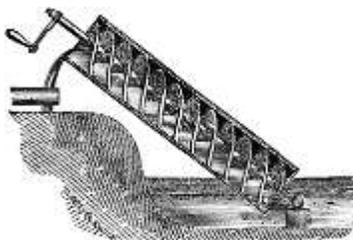


Figura 6. Tornillo de Arquímedes. Fuente: Chambers's Encyclopedia.
Recuperado el 15 de Febrero 2016.

Más adelante se aplicó el mismo principio para la invención del tornillo de fijación, solo realizando el giro del eje en el sentido contrario y colocando una punta penetrante en un extremo del tornillo, el cual es el principio de todos los tipos de tornillos de fijación existentes, de la cual posteriormente derivó la invención de los pernos de fijación con tuerca.

HIERRO Y ACERO. LA EVOLUCIÓN DE UN MATERIAL.

En la medida en que se fue conociendo mejor el hierro a partir de su utilización y fueron descubriéndose nuevos materiales metálicos y perfeccionándose sus propiedades, la aleación básica hierro + carbono fue cambiando y haciéndose más resistente, dúctil, maleable y de mayor templabilidad⁹. Surgió propiamente el acero como material referido específicamente a la aleación de hierro y carbono en una presencia de un máximo del 2 % lo cual le atribuye mejores propiedades físico-mecánicas por sobre todo temple o dureza en todo su estructura.

Estos aceros en una época fueron inalcanzables desde el punto de vista de su utilidad en la construcción de edificaciones debido a su alto costo y a su imperfección, a partir de la invención del proceso de refinado y reducción del hierro y del convertidor vertical de Bessemer¹⁰, el nombre de su creador- y luego de la innovación incremental del convertidor

⁹ Colasante (2006) explica que la templabilidad es la propiedad que determina la profundidad y distribución de la fuerza adquirida mediante el templado por el acero. Un acero aleado de alta templabilidad es aquel que endurece, no sólo en la superficie, sino también en su interior. Por tanto, la templabilidad es una medida de la profundidad a la cual una aleación específica puede endurecerse. Es en este momento evolutivo de hierro cuando se puede hablar propiamente de acero.

¹⁰ Henry Bessemer en la Inglaterra de 1855 en medio de la Revolución Industrial se dedicó a perfeccionar el proceso de refinado y reducción de hierro para producir acero en cantidades industriales y a bajo costo. El procedimiento consistió en

inclinado, se facilitó las tareas de la “colada”, el acero se hizo más accesible económicamente, de mejor calidad y pudo ser utilizado en aplicaciones masivas como las de la industria de la construcción.



Figura 7 Convertidor de Henry Bessemer, Patente de 1855. Inglaterra.

Fuente: Meyers Konversations-Lexikon,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=310624>.

Recuperado el 04 Marzo 2016.

Los hierros precursores fueron colado y fundido, simples mezclas producto del calentamiento del óxido de hierro que no ofrecían mayores propiedades físico-mecánicas y por tanto una baja respuesta en su respuesta resistente.

Más adelante la incorporación progresiva de nuevos elementos químicos metálicos tales como: níquel, cobre, magnesio, etc, fueron permitiendo la producción de nuevos tipos de acero más maleable, tenaz, dúctil etc.

Hoy día la evolución de los elementos metálicos que pueden ser agregados al acero base para producir aceros inteligentes de alto rendimiento y desempeños específicos, como por ejemplo los aceros inoxidable o los aceros estructurales utilizados en la construcción de componentes constructivos de alto desempeño estructural, se pierde de vista.

PROPIEDADES DEL ACERO QUE PERMITEN FABRICAR TORNILLOS Y PERNOS.

El acero es tenaz, maleable y templable pero si no fuera dúctil no podrían fabricarse tornillos ni clavos con él, ni tampoco cabillas y otros componentes que exigen el alargamiento o elongación del material. La ductilidad es la propiedad del acero que permite alargarlo hasta alcanzar finos hilos que permiten la fabricación a su vez de productos largos semiterminados que luego se transformarán en: barras lisas o estriadas, alambres, mallas, clavos, pernos y tornillos.

La evolución de maquinarias, que a partir de juegos de mordazas y/o dados laminadores permiten el estiramiento de las barras hasta espesores de milímetros, y los equipos para

soplar aire a presión en el fondo de la cuchara donde se colaba el arrabio. La clave de este proceso fue la retirada de impurezas por oxidación del hierro fundido a altas temperaturas.

fabricar los vástagos de tornillos, cabezas y estrías en espiral para pernos han determinado la posibilidad de fabricar estas piezas con altísimo control de calidad.

TORNILLOS Y PERNOS. PRECISIONES DE SUS DIFERENCIAS.

No es lo mismo tornillo que perno, esa es una confusión que debemos aclarar porque aún en los medios ligados al diseño de edificaciones se observa el manejo de un término como sinónimo del otro.

Como lo expresamos al inicio de este artículo el tornillo es la aplicación del principio de Arquímedes de una banda helicoidal ubicada a lo largo de un eje, para realizar la fijación de dos o más piezas de acero u otro material a partir de su penetración en todos los elementos que se desea unir, aplicando la fuerza de torsión mediante una herramienta adecuada.

Los tornillos cumplen su función de fijación sin la necesidad de arandelas u otros elementos de cierre. Dado la forma cónica del vástago y la punta auto-penetrante, el tornillos horada y a la vez se fija en los espesores de las piezas a unir.

Los pernos son barras con cabezas hexagonales (para mejor distribución de las fuerzas) con vástagos con tramos lisos en los extremos y tramo estriado en el centro que además requieren de una tuerca de cierre o fijación.

Tanto en la categoría de tornillos como en la pernos se pueden encontrar diversos tipos de espesores, longitudes diámetros y tipos de espiral estriada que dependerán de los usos que vaya a dársele y de las dimensiones de las piezas a unir.

Las exactas conexiones precalificadas que hoy día existen en el mercado han surgido gracias a la posibilidad de contar con pernos de exactitud en sus dimensiones y propiedades que cumpliendo una rigurosa norma técnica han superado ensayos y experimentos de alta exigencia.

El primer rascacielos de acero.

El término rascacielos alude a un tipo de edificación habitable más alta que las promedio. No se refiere a una altura específica y así lo demuestra que el primer rascacielos reconocido en la historiografía de la Arquitectura apenas alcanzaba los 40 metros de altura y las diez plantas el Home Insurance Building. Hoy día un rascacielos¹¹ puede llegar a alcanzar los 900 metros de altura¹².

Aunque la mayoría piensa que los primeros rascacielos fueron construidos en Nueva York, el Home Insurance Building fue construido en Chicago en 1885, obra del Arquitecto William Le Baron Jenney y que fue derribado en 1931.

¹¹ El Consejo de Edificios Altos y Hábitat Urbano (CTBUH) con base en Pensilvania dice que un rascacielos “es un edificio en el que lo vertical tiene una consideración superlativa sobre cualquier otro de sus parámetros y el contexto en que se implanta”.

¹² El Burj Khalifa es un rascacielos ubicado en Dubái (Emiratos Árabes Unidos). Con 828 metros de altura, es la estructura más alta de la que se tiene registro en la historia.

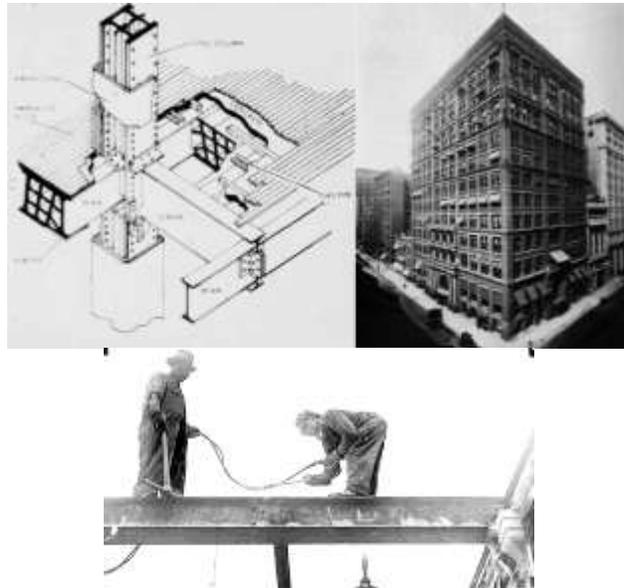


Figura 8. Detalles constructivos del Home Insurance Building de Chicago. Y escenas del montaje de la estructura de hierro. Tomado de www.chicagotribune.com recuperado el 15 de Marzo 2016

Si bien hoy día existen rascacielos de acero y también de concreto o de estructuras mixtas acero-concreto, el acero ha sido determinante en la posibilidad de crecer en altura, las propiedades físico-mecánicas de los aceros modernos y la flexibilidad del comportamiento de las estructuras metálicas frente a las de concreto, han ofrecido un escenario muy fértil para la evolución de los rascacielos.

En el Home Insurance se demostró la factibilidad de utilizar perfiles T, provenientes de la industria ferrocarrilera como concepto inicial, que permitieron subir en alturas impensables para la época sin invadir los espacios habitables con gruesas vigas o columnas.

Los actuales rascacielos. Evolución de los tipos de conexiones, rigidizaciones y fusibles.

El acero como material impulsó de manera significativa el crecimiento vertical de las edificaciones, fundamentalmente porque debido a sus propiedades se podían obtener similares o mayores rigideces y resistencia estructural, con miembros¹³ de dimensiones más pequeñas que las se podían obtener con las técnicas propias de los tiempos de los primeros rascacielos, mampostería o estructuras de cemento sin armar.

Así también el desarrollo de innovadores tipos de perfiles, abiertos o cerrados (tubulares) debido al perfeccionamiento de procesos de laminación en caliente y en frío, a la evolución de las formas de unión entre perfiles: soldadura, remachado y las modernas técnicas de

¹³ Cuando hablamos de miembros se refiere a columnas y/o vigas en el sistema de pórticos rígidos o articulados.

empernado han propiciado el diseño de detalles de conexiones cada vez más eficientes. Los modernos programas de modelado y simulación de comportamiento estructural de las edificaciones y los sofisticados ensayos de laboratorio han permitido tipificar y estandarizar los tipos de conexiones y precalificarlas de forma tal que su utilización garantiza la calidad final de la edificación a todo lo largo de su vida útil.

El desarrollo de normas de control de calidad tanto de fabricación de perfiles, tornillos y pernos como de las técnicas adecuadas de montaje y ensamblaje de estructuras en acero, ha sido factor fundamental para el progreso de la construcción de rascacielos y para su perfeccionamiento para alcanzar alturas que aún siguen incrementándose.

El diseño de conexiones cada vez más complejas y sofisticadas ha permitido la elaboración de uniones con mayor garantía de rigidez o con diseños que permiten per-establecer en qué lugares podría fallar la estructura para de tal forma manejar la evacuación total de la edificación en caso de falla parcial o total.

Reflexiones comprensivas.

El óxido de hierro es el estado natural en el que este ente, precursor del acero, se nos presenta. Más adelante el actante azarístico del calentamiento de la piedra de óxido de hierro, ante la mirada sorprendida del humano anónimo de la Era del Hierro, nos demuestra irrefutablemente la simetría de estos elementos y de su igualdad en términos de agentes “actantes” que generan nuevos cursos de acción y por tanto nuevas realidades. En este caso el hierro fundido, de mayor dureza y resistencia que su antecesor el óxido.

En los eventos explorados hemos podido observar como nociones geométricas y matemáticas como el tornillo de Arquímedes vinculadas a la necesidad de elevar materiales para la sobrevivencia humana o a la necesidad de unir dos o más piezas de madera o metal, han generado elementos tan semejantes como disímiles: la plataforma de elevación de aguas y cereales y el tornillo de fijación.

El mejoramiento progresivo (por pequeñas innovaciones incrementales) de una maquinaria o equipo como lo hemos visto en el Convertidor vertical de Bessemer y su heredero el convertidor inclinado, es sin duda ejemplo de las transformaciones, cambios o mejor aún en términos de la ontología actante, “traducciones” con las cuales se demuestra que la dualidad sujeto-objeto limita la comprensión de los eventos de desarrollo tecnológico e innovación en el campo de la construcción en acero.

Las sinergias de: la primitiva forja del hierro, la evolutiva composición de hierros primero y aceros más tarde y la capacidad industrial generada por la revolución industrial, han dado como resultado la innovadora laminación en caliente y más recientemente en frío. Sin esta red de asociaciones entre estos actantes, en cuya formación no siempre predominó el pensamiento consciente o mejor dicho en términos Kantianos “la mente” como elemento de la dualidad sujeto-objeto, no serían una realidad actual los perfiles abiertos o cerrados,

laminados en caliente o los perfiles de lámina delgada de acero galvanizado o los sofitos metálicos¹⁴ tan importantes en la construcción de edificaciones altas y rascacielos.

La agencialidad de estos entes humanos y no humanos se identifica con su capacidad de generar o abrir cursos de acción a partir de sus asociaciones o interacciones y es la que determina la ocurrencia de los hechos. Dicho en términos de Latour (1999):

“...la idea de que la acción no es algo generado por un agente identificable como tal (un sujeto, un ser humano) sino algo que se da dentro de una red de eventos y transformaciones cuya estructura se halla en constante cambio.”

Las transformaciones que han ocurrido en el mundo de la construcción en acero no pueden en todos los casos ser atribuidas a “sujetos” y/u “objetos” sino más bien se han presentado como productos de los eventos que ocurren en una red y del intercambio de asociaciones entre actantes. “La agencialidad se halla distribuida por la red; no es exclusiva de los “sujetos” (Loredo, 2009).

Así también el desarrollo de normas de calidad, la norma de acero o la evolución del desarrollo de conexiones pre-calificadas, han sido factores de agencialidad en el desarrollo de conexiones que hoy por hoy son utilizadas en el diseño y construcción de rascacielos.

Si bien muchos de los eventos estudiados acusan nombres que refieren a las personalidades (convertidor de Bessemer, proceso Siemens- Martin etc) que impulsaron su desarrollo, no fueron ellos los únicos participantes en tan intrincada red de relaciones y asociaciones, y por otra parte en muchos casos incluso se desconoce la autoría por tratarse acciones de colectivos anónimos o simples sinergias tecnológicas que en determinado momento convergen.

Lo que de alguna forma se pretende con este nuevo enfoque es mostrar que el proceso de comprensión del hecho tecnológico no puede ser solo adjudicable a la iniciativa o genialidad de sujetos con nombre y apellido ni tampoco solo a circunstancias sociales, históricas o naturales. Más bien a una red de actantes que se asocian de manera fluida, simétrica y espontánea abriendo un nuevo curso de acción y por tanto de posibilidades de realidad.

BIBLIOGRAFÍA

Blake, B. y De Haan, D. (2003). *Use of integrated survey techniques: measuring the iron bridge*. UK: Ironbridge Institute.

Ciento, A. (2000). *Puentes y Puentes colgantes*. Revista Tecnología y Construcción. Número 16-II. Caracas: IDEC-FAU-UCV.

¹⁴ Sofitos metálicos son laminas delgadas de acero o aluminio que permiten la

Colasante, L. (2006). *L'étude des superficies de l'acier inoxydable austénitique AISI 304 après une déformation plastique et un procédé d'abrasion*. Venezuela, Mérida: Universidad de Los Andes.

Derry, T. y Willians, T. (1984). *Historia de la Tecnología. Desde 1750 hasta 1900*. Volumen 2. México: Siglo XXI Editores.

Dupré, J. (2000). *Puentes*. Las historia de los puentes más famosos e importantes del mundo. Colonia: Konemann.

Frampton, K. (2002). *Historia Crítica de la Arquitectura Moderna*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A.

González, A. (2013). *Tras la impronta trascendental del recuerdo. Actores y factores que intervienen en el desarrollo tecnológico y la innovación en la construcción en acero*. Tesis para optar al grado académico de Doctor en Arquitectura de la UCV. Caracas: Mimeografiado.

González, A. y Maggi, G, y Velandria, V. (2011). *Evaluación de la factibilidad, técnica, económica, ambiental y social de sistemas y tecnologías constructivas innovadoras*. Misión Ciencia.

Loredo, J. (2009). *¿Sujetos o “Actantes”? El constructivismo de Latour y la Psicología Constructivista*. AIBR Revista de Antropología Iberoamericana. Volumen 4, Número 1. Madrid: Antropólogos Iberoamericanos en Red.

Strike, J. (2004). *De la Construcción al Proyecto. La influencia de las nuevas técnicas en el diseño arquitectónico 1700-2000*. Barcelona: Editorial Reverté.

<http://www.encyclopediahistoria.com/2014/04/las-artes-antiguas-500-ac-500-dc.html>

Iron Bridge Acuarela. http://www.bbc.co.uk/history/british/victorians/iron_bridge_01.shtml

Iron Bridge. Detalles constructivos. <http://www.ironbridge.org.uk/collections/our-collections/engineering/the-iron-bridge/blind-dovetail-joint-on-the-iron>.