

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

Rubén Tosoni ⁽¹⁾

Resumen:

La presente invención tiene por objeto aportar una solución estructural para lograr ejecutar a bajo costo y con insumos comunes, estructuras metálicas destinadas a viviendas y edificios en altura, en zonas sísmicas principalmente, de tal manera de dar respuesta a los requerimientos actuales con igual adaptación a la construcción tradicional como en seco. Para ello se adopta una forma de estructura metálica del tipo ensamblada (*nudo easy*) que consta de vigas y columnas prefabricadas, tipo cajón, en chapa plegada en frío o en caños estructurales soldadas entre sí o unidas mediante autoperforantes y que prevé además la posibilidad de complementarse con armaduras en las cabezas de columnas del nudo en cuestión para ser llenadas con el hormigón de losa, otorgándole de esta manera continuidad al mismo con la rigidez vertical y lateral necesaria, para absorber los momentos de doble signo en los apoyos debido a cargas gravitatorias y sísmicas, De esta forma se logra además un comportamiento dúctil, tan necesario, para el desarrollo de la rótula plástica en el extremo de viga y poder aplicar así los criterios por capacidad.

Palabras claves: Nudo metálico, unión dúctil, sección compuesta en apoyos, conectores.

INTRODUCCION

⁽¹⁾ Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos.
Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

La estructura metálica y la vivienda en zona sísmica

En el presente existen en el mercado una infinidad de distintos sistemas industrializados de viviendas mediante perfilerías, caños estructurales o paneles y tabiques que se van "uniendo" mediante los métodos ya conocidos como ser remaches, bulones, pasadores, tornillos o simplemente mediante encastres en seco que van conformando la estructura en sí de la misma. El resultado final trae aparejado un serio inconveniente a la hora de ubicar estas estructuras en zonas sísmicas principalmente, debido al desconocimiento de cómo se producirá la *distribución* de los esfuerzos ante tales acciones, o dicho de otra manera, cómo deformará la estructura al reaccionar frente a tales sollicitaciones, teniendo en cuenta, que la falla principal de todos estos sistemas, es justamente la falta de *continuidad* en las uniones de las distintas piezas que la conforman. (Los códigos de construcciones antisísmicas de Argentina CCSR 87 y CIRSOC 103 exigen que las fallas no se produzcan en las uniones, es decir: "...la unión debe ser más resistente que las piezas a unir", esto asegura que las estructuras sean monolíticas como ser estructuras de hormigón armado o bien metálicas soldadas) y otorguen así una correcta distribución de los esfuerzos a la hora de ser sometidas las mismas a acciones laterales, permitiendo al calculista una correcta estimación respecto a cómo se comportará su estructura en dicha situación y logrando por lo tanto exactitud en su dimensionado.

Frente a esta problemática el uso del metal para la industrialización de sistemas prefabricados destinados a viviendas queda restringida a soluciones, cuando mucho, de un piso con cubiertas de techo alivianadas, mientras que las construcciones en acero tradicionales difícilmente responden a construcciones de más de dos pisos como máximo.

Por tal motivo se ha ido buscando sistemas racionalizados en acero que vayan dando respuesta a los requerimientos actuales, pero en general se han obtenido estructuras de poca calidad por la escasa ingeniería de detalles y que, en definitiva, conducen a soluciones particulares con baja respuesta ante acciones severas y de costos comparativos no muy ventajosos. Como si esto fuera poco, las exigencias han ido en aumento, debido a los grandes terremotos ocurridos en las últimas décadas (se ha recurrido entonces a diseños que admitan un cierto daño, pero en forma controlada y para ello es indispensable diseñar posibles mecanismos de colapsos: lugares de disipación de energía con formación de rótulas plásticas para un comportamiento anelástico, condición no fácil de lograr sino se realiza un estudio detallado), por lo cual los sistemas que no contemplan dichas premisas, son restringidos por los municipios y/o reparticiones, o sufren serias limitaciones como ser de altura, de techumbres, refuerzos, destinos, etc.

De todo lo expuesto, se pone de manifiesto, que es necesario ir mejorando los aspectos que tienen que ver con la respuesta estructural ya que, la demanda habitacional actual, no puede ser cubierta con los sistemas constructivos tradicionales y son precisamente los industrializados o racionalizados los que tienden a aportar una alternativa viable a la *necesidad* de la gente de tener su techo propio, puesto que, son estos últimos, los que logran dar una respuesta mucho más rápida a dicha demanda, de ahí la importancia de ir aportando soluciones racionales que permitan al acero su mayor uso y aplicación.

De esta forma, las posibles soluciones permitirían a un sector importante de la población, quedar protegida y con un mayor grado de seguridad frente a sismos

(1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos.
Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

destructivos, vientos huracanados, incendios, etc. y evitar el estado cuantiosos costos a posteriori de reparación.

Otro aspecto importante también que se suma para el buen uso y desempeño del acero es considerar para un futuro inmediato, la necesidad de planificar un desarrollo sustentable, debido a la escasez energética en el mundo, por lo que se hace imprescindible tener en cuenta, al construir nuestros proyectos, el hacerlos con elementos renovables, de bajo impacto ambiental y producción más limpia aspectos cubiertos al utilizar el metal como base y no así, en general, con los métodos tradicionales

La estructura metálica y la construcción en altura en zona sísmica:

De lo expuesto, es fácil imaginar, que la situación se complica cuando se trata de edificaciones o edificios en altura destinados a locales habitables, ya que, la implicancia de las losas de los distintos niveles (que por lo general deben cumplir la condición de diafragmas rígidos) son consideradas o actúan como masas discretas, debiendo verificar una correcta transmisión de la fuerza inercial originada por una aceleración externa (dada por un sismo o ráfaga de viento), a la estructura propiamente dicha (sistema: vigas, columnas, tabiques, fundación, suelo).

Sin lugar a dudas el metal ofrece respuestas adecuadas a dichas necesidades estructurales por otorgar resistencia, rigidez y ductilidad adecuada, sin embargo su utilización en *América Latina* se ve restringida por factores que limitan su aplicación para dicho destino y que es bueno siempre repasar:

FACTORES NEGATIVOS EN ARGENTINA:

- 1) No se cuenta con constructoras que involucren el acero en sus proyectos por lo que no se cuenta con una industria preparada para los requerimientos actuales, las experiencias son pocas y no alcanzan como para dar respuestas sustentables en el tiempo adecuadas. La metalurgia queda relegada a los proyectos de grandes luces o con destinos distintos a los habitacionales. (centros comerciales, estadios, industrias, terminales, supermercados y grandes nave).
- 2) Generalmente las estructuras del tipo metálicas para edificios precisan una etapa de fabricación previa y de montaje que involucran equipamientos y por lo general mano de obra calificada, dando como ecuación final, un producto por lo general más caro, de acuerdo al contexto propio de cada país, cosa que no ocurre con la industria del H^oA^o que ya está masificada.
- 3) No existen muchas veces en el mercado local los insumos adecuados (llámese tableros metálicos, pernos, aceros, perfilería estandar, etc) para el desarrollo óptimo de un proyecto, como sí lo tiene la industria cementera. (la cadena de valores no siempre está bien desarrollada en todos los países de América Latina respecto al acero, esto tiene que ver también con políticas de estado en lo referente a producción e importaciones, tasas e impuestos. Por ejemplo la perfilaría laminada en caliente es muy limitada y de altísimo costo en Argentina).
- 4) Esto dificulta los detalles de ingeniería necesarios para dar respuestas a los comportamientos requeridos para dichos destinos.
- 5) La formación profesional en las casas de alto estudio también es limitada respecto a las bondades y posibles aplicaciones del acero, por lo cual, la toma de decisión cae siempre del lado de lo que se conoce.

(1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos.
Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

6) Falta de promoción adecuada.

Aún así, en los últimos veinte años, las estructuras metálicas van ganando terreno en la aplicación de construcción de viviendas y edificios en altura con la incorporación en el mercado de productos complementarios que facilitan también su aplicación. (como ser la construcción en seco de panelerías, cielorrasos, placas y tabiques).

FALLAS EN LAS ESTRUCTURAS MIXTAS Y DE ACERO:

Como contrapartida, es importante tener en cuenta, las experiencias de estas estructuras bajo la acción sísmica severa de terremotos destructivos y mejorar sus respuestas, es así como del estudio y análisis de los últimos ocurridos como ser: Chile 1.985 , Northbridge 1.994, Kobe 1.995 y México (Artículo editado en la revista C & G por el Ing. Carlos Llopiz - enero 1.997) se concluye que los principales problemas de fallas en las estructuras edilicias fueron:

- Insuficiente rigidización
- Uniones inadecuadas
- Escaso mantenimiento
- Insuficientes y/o deficientes conexiones a las fundaciones
- Configuración estructural inadecuada

Resumiendo los daños:

Para estructuras mixtas de Acero y Hormigón Armado (A-HA°):

- Discontinuidades de rigideces, resistencia y ductilidad
- Daños en las bases de las columnas: particularmente el caso de placas de apoyo no embutidas en la fundación
- Fracturas en los perfiles de Acero
- Falla en *uniones*

Para estructuras en edificios de Acero:

- Uso de vigas y columnas reticuladas (alma no llena)
- Falla de diagonales
- Inadecuadas conexiones entre elementos estructurales (*unión viga columna*)
- Padecer falta de rigidez transversal

Por lo que las conclusiones de los investigadores se pueden resumir en las siguientes:

- No hay que tener en cuenta la resistencia únicamente, sino que los tres aspectos fundamentales son: *rigidez, resistencia y ductilidad*.
- Los mayores daños y colapsos de los edificios durante un sismo son los desplazamientos o deformaciones relativas resultantes.
- No interesa la resistencia que se le confiera a un edificio si está mal diseñado.
- La rigidez es un parámetro fundamental para aceptar o descartar el diseño conceptual y dimensionamiento preliminar de los elementos estructurales. (Los edificios que mostraron un comportamiento excelente en los últimos terremotos poseen una gran sobrerresistencia y redundante hiperestaticidad, condiciones que

(1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos.
Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.

E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

están íntimamente ligadas al tipo de elementos y *conexiones o uniones* que éstos poseen entre sí para conformar la estructura.

LA IMPORTANCIA DE LA UNIÓN EN LAS EST. SISMORRESISTENTES:

Por lo antedicho, vemos que el diseño de las conexiones de las piezas, es parte fundamental para la respuesta de una estructura frente a acciones severas de índole sísmico y en el caso que nos compete, (estructuras metálicas), una de las dificultades principales que se nos presenta es la unión de las mismas, es decir en los *nudos* de encuentros entre vigas y columnas. Es importante por lo tanto su ajuste, formas de conectarlas, calidad y tipo de soldadura, bulones o remaches a emplear, etc, que para todos los casos nos exige mano de obra calificada y de alto costo in situ.

Para dar respuesta a este conjunto de premisas y necesidades he recurrido mediante la invención crear un sistema constructivo mixto de fácil fabricación en taller, y sencillo montaje en obra, que capte lo mejor de cada uno de los sistemas tradicionales y de dominio público, esto es el hormigón y el acero, pero que otorgue:

Garantizar, mediante el sistema de estructuras metálicas ensambladas, *nudo easy*, la continuidad (en resistencia, rigidez y ductilidad) necesaria de la estructura en los puntos neurálgicos de la misma, que son los nudos, haciendo que éstos actúen en forma monolítica (los sistemas prefabricados no cumplen en su mayoría con esta condición), permitiendo una correcta transferencia de los esfuerzos ya sea unión **losa-viga** (mediante viguetas metálicas tipo *peón* soldadas o los llamados steel deck, permitiendo el llenado de la losa y nudo en una sola etapa), como así también la unión **viga-columna** debido a la solución mixta: húmeda de hormigón en lo referente a la armadura de nudo en el al ancho colaborante de la sección compuesta y soldadura perimetral de viga de acero a cara lateral de columna, otorgando así una correcta rigidización local del nudo y global respecto a la estructura. (Esta solución además permite que la unión se pueda materializar mediante autoperforantes evitando cordones de soldaduras).



Vista general de pórticos metálicos dúctiles con solución de nudo para viviendas con losa alivianada metálica o steel-deck

VENTAJAS DE NUDO:

a) En lo estructural:

- (1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos. Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

- El sistema nos otorga un control estricto de las deformaciones por su característica de unión monolítica lo que permite diseñar pórticos metálicos dúctiles.
- Los conectores de transmisión que le confieren a la sección el comportamiento mixto se desarrollan en acero de construcción en forma de U invertida lo que facilita jugar con su altura de acuerdo a los requerimientos ingenieriles de peralte necesario, además son de fácil fabricación y de sencilla reubicación en obra de ser necesario, arrojando un excelente resultado como muestran los ensayos del nudo.
- Por ser los elementos componentes de la estructura en este sistema tipo cajón, otorgan además de gran resistencia en ambos ejes, una respuesta adicional en el nudo que permiten predecir con mayor seguridad la formación de las rótulas plásticas en vigas, de acuerdo al mecanismo de colapso diseñado para un comportamiento estructural anelástico pudiendo otorgar de esta manera una correcta disipación de energía, y por ende un mejor amortiguamiento.
- Esto se debe a la facilidad de obtener un elemento fusible para asegurar el mecanismo de colapso (se logra mediante chapa o caño estructural de menor espesor) fácilmente reparable luego de ocurrida la deformación residual en caso de sismos severos.
- Todos los elementos son de alma llena, verificando como sección compacta, evitando de esta manera fallas locales (como ser pandeo).
- Mejor desempeño, antes solicitaciones flexionales negativas. (logramos momentos últimos de apoyos de acuerdo a las solicitaciones de diseño sin tener que recurrir a mayores secciones).
- Permiten por lo tanto un importantísimo ahorro de acero ya que podemos dimensionar como sección compuesta y mantener dicha sección en los nudos gracias a la armadura adicional de apoyo.
- Permite un correcto anclaje de cables en el nudo o bien de platinas para sujeción de diagonales de arriostramiento.
- Por ser la invención un sistema que asegura rigidez lateral su implementación trae ventajas directas sobre estructuras aporricadas en altura y que están sometidas a acciones dinámicas en dirección horizontal (vientos, sismos, etc).
- Es un elemento estructural más que se presta y amolda perfectamente a las nuevas tendencias de cálculo.



Detalle de pórtico y de nudo con viguetas metálicas tipo peón.

b) En lo económico:

- (1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos.
Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

- Menor kg de acero por m² de construcción lo que permite a las estructuras de acero diseñadas de esta manera, ser un serio competidor respecto a iguales proyectos en H^ºA^º.
 - Pocos elementos o piezas que lo conforman siendo además livianos, maniobrables y de fácil armado en obra.
 - Por poseer un encastre propio de fábrica no necesita ningún tipo de apoyo o apuntalamiento y facilita la presentación entre viga y columna.
 - Fácil transporte.
 - Las piezas por ser tipo cajón dan un acabado perfecto y parejo que facilita también la mantención.
 - Importantísima disminución en los tiempos de ejecución respecto a las tradicionales de acero por tratarse de piezas más livianas en peso respecto a la perfilaría estandar comúnmente usadas (PNT, PNU, W, etc) por lo que el montaje queda supeditado a maniobras en su mayoría manuales, condición que permite avanzar en altura y por piso con mucha rapidez y precisión por tratarse de un sistema racionalizado de piezas prefabricadas en taller.
 - Estricto control de calidad (como ser en medidas, protecciones anticorrosivas, aislaciones incorporadas) con lo que se entrega al mercado un producto acabado y de alta durabilidad.
 - No necesita mayor mano de obra calificada en obra por su sencillez de armado.
 - Disminución de costo importante en lo referente a fundaciones por el menor peso.
 - La solución del nudo conjuntamente con la chapa plegada permiten una ingeniería óptima en dimensión de secciones y espesores según cálculo, como así también el aprovechamiento comercial de caños estructurales, todos estos insumos de provisión sencilla en todo el mercado latinoamericano.
 - Los conectores en U en acero convencional ya soldados de fábrica presentan un ahorro muy grande respecto los conectores tradicionales a soldar en situ.
 - En complemento con la vigueta metálica tipo *peón* se aceleran enormemente los tiempos de armado de losas, ahorrando cualquier tipo de accesorios, eligiendo una altura de peralte de acuerdo a cálculo y otorgando una mayor seguridad a la hora de montaje.
 - Posibilidad de ejecutar nudos con alternativa de vigas invertidas (perdidas en losas).
 - Sencillez en el armado de refuerzos de losa con doble vigueta.
 - Importante ahorro cuando se trata de estructuras seriadas como ser emprendimientos edificios, barrios, etc.
 - Disminución y mejor control de pérdidas (scrap) de acero y horas hombre.
- c) En lo arquitectónico:
- La modulación de elementos prefabricados permite flexibilidad para los distintos proyectos, usos y destinos.
 - En el espacio nos permite resolver y unir distintos elementos en cantidad y dirección, haciendo al sistema muy funcional.
 - Permite un excelente acabado, logrando que la estructura quede vista y se complemente con cualquier tipo de cerramientos (tabiquerías, muros y carpinterías).

(1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos.
Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

- Detalle de encastres y encuentros de alta precisión que otorgan una terminación muy fina.
- Posibilidad de ocultar la estructura si se lo desea con cualquier tipo de revestimiento.



Vivienda familiar con estructura de dos pisos a la vista.

d) En lo referente al desarrollo sustentable:

Podemos destacar:

- Disminución de uso de materiales no renovables (techos de madera por ejemplo).
- Disminución de materiales (posible solución de cubierta plana).
- Menor calorías horas para calefacción y refrigeración (techo con losa plana de hormigón + poliestileno expandido como cimbra).
- Producción más limpia. (menos desperdicios).
- Mayor rendimiento del factor de ocupación para terrenos mínimos ya que se le entrega a la gente una construcción que permite ampliaciones en planta alta.
- Posibilidad de adaptación a materiales propios de la zona o industrializados.
- Alienta al trabajo formal.
- Permite en proyectos por debajo de la línea de pobreza la autoconstrucción, pero garantizando la seguridad estructural y dejando al adjudicatario las tareas de albañilería para lo cual no se precisa mano de obra calificada.
- Alternativa en estudio de resolver estructura refrigeradas en caso de incendio con opción de reutilización estructural para sistema contraincendio.



Estructura con solución de nudo metálico y cerramientos tradicionales (mampostería de ladrillo)

(1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos.
Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

DESCRIPCION GENERAL DEL NUDO:

La finalidad perseguida por la invención se logra a través de elementos estructurales tipo cajón en chapa doblada en frío, o caños estructurales, de distintos espesores y dimensiones según las necesidades de cálculo, y que pueden encastrar en cuatro o más direcciones y en diferentes ángulos según sea la necesidad del proyecto.

Estos elementos (vigas y columnas) están provistos además de caladuras, placas y pestañas para permitir el encastre y un correcto ensamblado logrando una "conexión" inicial sin ningún tipo de soporte o apuntalamiento necesario en la presentación de las piezas y de tal manera que cierran y dan forma al nudo, permitiendo así una rápida ejecución completa en obra.

Unión viga columna:

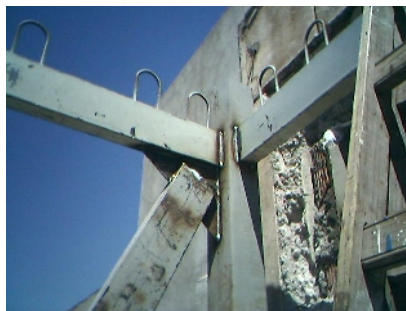
Dicho ensamblado se efectúa mediante ángulos en las distintas caras de la columna en su parte superior, con la pestaña de encastre a 90° que poseen los extremos de las vigas. Se termina con soldadura perimetral. La unión permite además el soldado de chapas nodales para la ubicación de arriostramientos.

Vigas:

Los elementos que dan forma a las vigas (caños estructurales generalmente) poseen un estribo interior para ubicación de sección fusible (lugar de formación de rótula plástica) de ser necesaria. Se completa con conectores tipo U invertidos para sección compuesta.

Columnas:

Son tipo cajón en chapa plegada por lo general se completan con estribos interiores (control de abolladuras) y placa de fijación de armaduras adicionales de nudo, todas ellas soldadas en taller, para rematar luego con la columna superior que cierra el nudo, dicha placa permite la contención del hormigón que se cuela en el nudo facilitando su llenado. Posee además, la cabeza de la columna, respaldos que sirven de guía para la columna superior y permiten una correcta unión mediante soldadura con penetración total.



Vista general de un encuentro arriostrado

PROCESO DE MONTAJE:

Para llevar a cabo en la práctica una estructura con dicho sistema, se realizan las siguientes operaciones:

(1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos. Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO

1. Parado de columnas sobre placas de acero o empotradas con arranques de fundación de hormigón armado.
2. Montaje de vigas de acuerdo a planta de estructura y fijación previa mediante encastre autoportante.
3. Montado todo el parral se procede a la soldadura en nudos de acuerdo a procedimiento de calidad.
4. Colocación de viguetas metálicas y de cimbras, colocación de armadura de repartición de losa y colocación de armaduras de cálculo correspondiente al nudo en cuestión.
5. Apuntalamiento de acuerdo a requerimientos.
6. Aquí el sistema admite llenado de losa o bien continuar con estructura superior y luego llenar losas en una o dos etapas dependiendo altura de edificación (es recomendable llenar piso a piso por razones de operatividad y seguridad).
7. Parado de columnas superior introduciéndola en las guías ya mencionadas.
8. Idem punto 2 y siguientes..



Proceso de montaje para estructuras en altura

ENSAYO DE NUDO:

Para convalidar lo resumido se realizó ensayo de nudo *easy* (Esc1:1) en los laboratorios de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Mza.: CEREDETEC.

La respuesta obtenida fue muy satisfactoria para ciclos de carga y descarga observándose el comportamiento dúctil de la unión.

También se verificó la transmisión del cortante con el uso de los conectores en U invertida en aceros de construcción convencional (s 42) y para ello las viguetas metálicas tipo *peón* no fueron soldadas a la ceja superior de la viga cajón sino se mantuvieron vinculadas por el hormigón del peralte solamente.

Finalmente se llevó a la rotura la probeta para valor negativo de momento y comprobar la fluencia de las armaduras de apoyo.

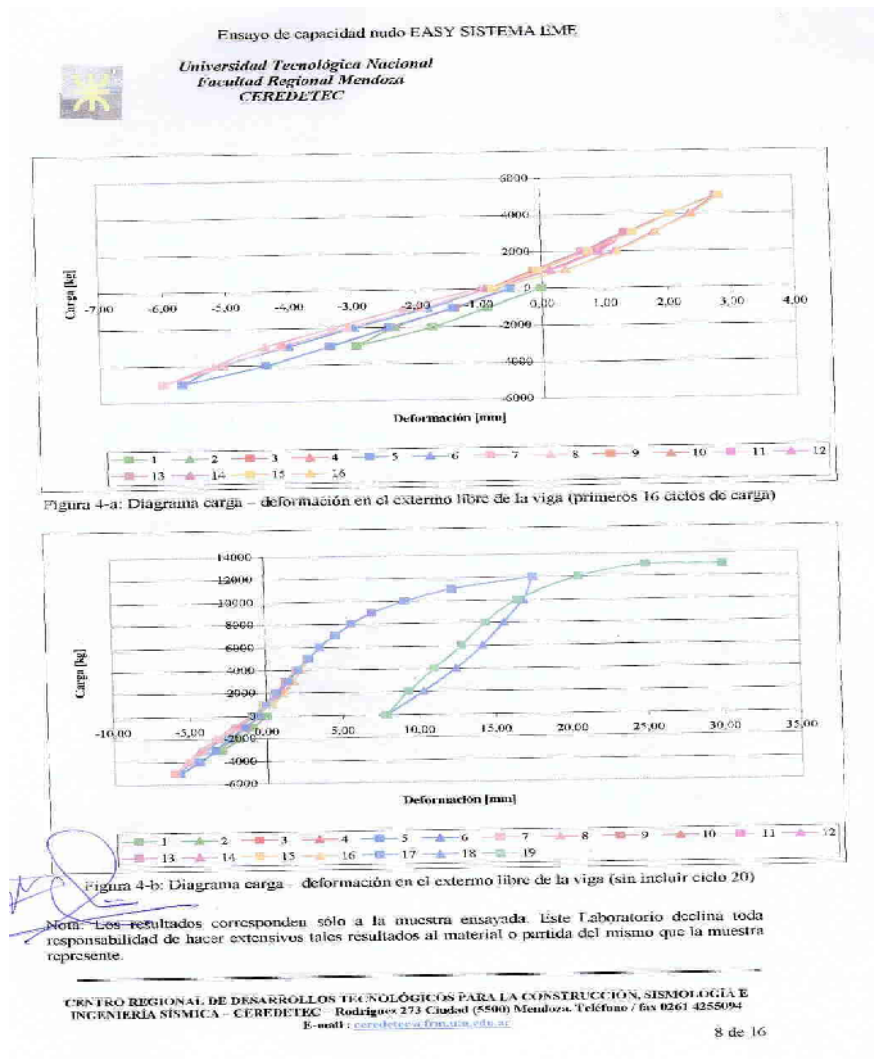
Durante todo el ensayo se controló posibles abollamientos de caras de columna o de viga sin observarse fallas localizadas lo que puso de manifiesto la buena respuesta de los estribos interiores de ambas.

(1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos.
Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar

NUDO METÁLICO ENSAMBLADO PARA PÓRTICOS DÚCTILES DE ACERO



Ensayo de nudo en laboratorios de CEREDETEC (UTN)



- (1) Ingeniero estructuralista especialista en acero. Consultor. Posgrado en evaluación de proyectos.
Profesor de Seguridad en la Construcción, Instituto Tecnológico IES N°19 INSUTEC.
E-mail: emesrl@yahoo.com.ar