

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN- Managua

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Departamento de Construcción

Ingeniería Civil



Seminario de Graduación para optar por el título de Ingeniero Civil

“Implementación de empalmes mecánicos en el acero de refuerzo para elementos de concreto armado”.

Investigadores: Br. Gilberth Alberto Avendaño Cruz.

Br. Renneé Mariam Cuevas Velásquez.

Tutor: MSc. Ing. Wilber Javier Pérez.

Asesor: MSc. Ing. Carlos Gutiérrez Mendoza.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACION.....	3
OBJETIVOS.....	4
CAPITULO I: MARCO TEORICO.....	5
1.1. Acero de refuerzo.....	5
1.1.1. Propiedades mecánicas para acero A615 grado 40.....	5
1.1.2. Propiedades mecánicas para acero A615 grado 60.....	5
1.1.3. Peso de la varilla de acero por metro lineal.....	6
1.2. Tipos de empalmes en barras de acero de refuerzo.....	6
1.2.1. Empalmes por Traslape.....	6
1.2.2. Empalmes soldados.....	7
1.2.3. Empalmes Mecánicos.....	8
1.3. Empalmes LENTON.....	9
1.3.1. Manguitos Lenton con Rosca Cónica.....	9
1.3.2. Lenton Form Saver.....	10
1.3.3. Lenton Interlok.....	10
1.3.4. Lenton Quick Wedge.....	11
1.3.5. Lenton Terminator.....	12
1.3.6. Lenton Lock.....	12
1.3.7. Anclaje alta adherencia HA.....	13
CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE EMPALMES PARA BARRAS DE ACERO.....	14
2.1. DESCRIPCION DE EMPALME POR TRASLAPE.....	15

2.1.1. Especificaciones del Reglamento Nacional de la Construcción 2007.....	15
2.1.2. Empalmes por traslape en Columnas según ACI 318S-08.....	16
2.1.3. Longitudes de traslape y bayoneteado	17
2.2. Descripción de empalme por soldadura.....	17
2.2.1. Especificaciones del Reglamento Nacional de la Construcción 2007....	18
2.2.2. Electrodo 6011.....	18
2.3. Descripción de empalme mecánico.....	19
2.3.1. Especificaciones del ACI 318S- 08.....	19
2.3.2. Propiedades mecánicas de empalmes LOCK y TERMINATO.....	19
2.3.3. Empalmes Mecánicos LOCK.....	20
2.3.4. Empalme Terminator.....	22
CAPÍTULO III: COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS DE EMPALMES.....	23
3.1. Comparación entre empalme por traslape y empalmes mecánicos.....	23
3.1.1. Especificaciones Técnicas de Viga Asismica.....	23
3.1.2. Longitud de Anclaje y Traslape.....	23
3.1.3. Cálculo de cantidad de acero de refuerzo utilizando traslape.....	24
3.1.4. Cálculo de cantidad de estribos utilizando traslape	25
3.1.5. Cálculo de cantidad de alambre de amarre utilizando traslape.....	26
3.1.6. Mano de obra utilizando traslape	28
3.1.7. Presupuesto utilizando traslape	28
3.1.8. Cálculo de cantidad de acero de refuerzo utilizando empalme mecánico.....	28
3.1.9. Cálculo de alambre de amarre utilizando mecánico	28
3.1.10. Cálculo de cantidad de estribos utilizando mecánico	29
3.1.11. Cantidad de empalmes mecánicos.....	30
3.1.12. Mano de Obra utilizando mecánico	31

3.1.13 .Presupuesto para viga sísmica utilizando empalmes mecánicos.....	32
3.2. Comparación entre empalme soldado y empalme mecánico.....	32
3.2.1. Especificaciones Técnicas de Viga Asismica.....	32
3.2..2. Cálculo de cantidad de acero de refuerzo utilizando empalme soldado.....	33
3.2.3. Cálculo de cantidad de estribos utilizando empalme soldado.....	33
3.2.4. Cálculo de cantidad de alambre de amarre utilizando empalme soldado	33
3.2.5. Soldadura.....	33
3.2.6. Mano de Obra.....	34
3.2.7 .Presupuesto.....	35
3.2.8.. Cálculo de cantidad de acero de refuerzo utilizando empalme mecánico.....	35
3.2.9. Cálculo de cantidad de AA utilizando empalme mecánico.....	35
3.2.10. Cálculo de cantidad de estribo utilizando empalme mecánico.....	36
3.2.11. Cantidad de empalmes mecánicos.....	36
3.2.12. Mano de Obra utilizando empalme mecánico.....	37
3.2.13. Presupuesto utilizando empalme mecánico	38
3.3. Ventajas y desventajas del sistema de empalmes mecánicos.....	38
3.3.1. VENTAJAS.....	38
3.3.2. DESVENTAJAS.....	39
3.4. Ensayo realizado por universidad de chile comparando tipos de empalmes.....	39
CAPÍTULO VI: INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	41
4.1. Descripción de los diferentes tipos de empalmes de barras de acero.....	41
4.1.1. Empalmes por traslapes.....	41
4.1.2. Empalmes por Soldadura.....	41
4.1.3. Empalmes por Mecánicos.....	41

4.2. Análisis comparativo de empalmes en cuanto a economía.....	42
4.2.1. Empalmes por traslape y mecánico.....	42
4.2.2. Empalmes por soldadura y mecánicos.....	45
4.3. Ventajas y desventajas del sistema de empalmes mecánicos obtenidos del análisis.....	47
4.3.1. Ventajas.....	47
4.3.2. Desventajas.....	47
CONCLUSION.....	48
RECOMENDACIÓN.....	49
BIBLIOGRAFIA.....	50
ANEXOS.....	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Empalme por traslape.....	7
Figura 2: Congestión de armadura en lugar del empalme traslapado.....	7
Figura 3: Tipos de empalmes soldados.....	8
Figura 4: Tipos de empalmes mecánicos.....	9
Figura 5: Empalmes Rosa Cónica.....	10
Figura 6: Lenton Form Saber.....	10
Figura 7: Lenton Interlock.....	11
Figura 8: zLenton Quick Wedge.....	11
Figura 9: Lenton Terminator.....	12
Figura 10: Lenton Lock.....	13
Figura 11: Anclaje Alta Adherencia.....	13
Figura 12: Espaciamiento libre de barras empalmadas.....	15
Figura 13: Detalle de empalme con bayoneta.....	17
Figura 14: Soldadura por traslape.....	19
Figura 15: Especificaciones de empalmes Lock.....	21
Figura 16: Cabezas de seguridad de empalme Lock.....	21
Figura 17: Especificaciones de empalme Terminator.....	22
Figura 18: Detalle estructural de V-A, según planos.....	23
Figura 19: Detalle de traslape y anclaje de V-A, según planos.....	24
Figura 20: Perímetro de V-A y ubicación de empalmes y anclajes, según planos.....	24
Figura 21: Ubicación de empalmes mecánicos Lock y Terminator, según planos.....	24
Figura 22: Detalle de empalme mecánico Lock y anclaje Terminator de V-A.....	29
Figura 23: Detalle estructural de V-A, según plano.....	32
Figura 24: Detalle de traslape y anclaje de V-A con empalme mecánico.....	32

INTRODUCCION

Uno de los principales puntos de partida para lograr el desarrollo científico en el área de las obras civiles es incorporar nuevos sistemas y métodos constructivos que permitan fundamentar los criterios necesarios para sustentar las exigencias que la ingeniería demanda. Es por ello que el presente documento contempla una investigación sobre los empalmes mecánicos utilizados en el acero de refuerzo, mismo que fue elaborado durante el segundo semestre del año 2016.

Es importante señalar que nuestro país no cuenta con la implementación de estos dispositivos debido a que no existían edificaciones que requirieran el uso de ellos, es por esto que los datos contenidos fueron generados a partir de estudios realizados en otros países estructuralmente desarrollados, sin embargo se requirió la simulación de estos conectores mediante su fabricación en un taller de torno para presentar su colocación y mecanismo de funcionamiento.

Para conocer las ventajas que ofrece la utilización de esta nueva tecnología en nuestras construcciones se presenta un análisis comparativo entre los dispositivos y los empalmes tradicionalmente utilizados, dicho estudio pretende demostrar la eficiencia que garantizan y a su vez promover el uso en las futuras edificaciones de gran envergadura.

Para cultivar este interés se presentan datos concernientes a características mecánicas resistencia a los esfuerzos, tipos de empalmes y su aplicación. Es importante recalcar que el uso y naturaleza de este sistema está normado por diversos reglamentos, no obstante para este trabajo se utilizó la metodología empleada por el ACI-318S 08.

Otro aspecto que se toma en cuenta es la parte económica, para ello se realiza un presupuesto para el sistema de traslapes, soldaduras y el sistema mecánico. Este presupuesto toma en cuenta dos tipos de diámetros los cuales son $\frac{1}{2}$ " y 1". Debido a que se asume que para diámetros menores resulta más costosa la obra, con el fin de realizar esta comparación se simulo una viga asismica que demostrara el ahorro en loa materiales y tiempos de ejecución.

Por último se incorpora un resumen de un estudio realizado por la universidad Austral de Chile, quienes crearon probetas (especímenes) de una sección de concreto con refuerzo utilizando los tres tipos de empalmes antes mencionados, con el fin de someterlos a compresión y determinar el de mayor resistencia, y demostrar que estos empalmes son más resistentes.

ANTECEDENTES

En vista de que Nicaragua es un país en vías de desarrollo y no utiliza estos empalmes mecánicos es de imaginar que no se cuenta con suficiente información que permita caracterizar y demostrar su eficiencia. Por tal motivo el presente documento recopila información de estudios realizados en la universidad de Chile ya que este país ha incursionado en esta área debido a su vulnerabilidad sísmica y por lo tanto cuentan con normativas de alta rigurosidad en lo que respecta a factores de seguridad.

Es de vital importancia señalar que los países más cercanos que fabrican estas piezas son Colombia, México, Estados Unidos y Chile. Por lo que se tendría que adecuar reglamentos para implementarlos en nuestro país.

Se puede decir que Estados Unidos es un país que ha innovado en este tipo de sistemas puesto que se sabe de su uso desde muchos años y su desarrollo tecnológico ha permitido la realización de mega estructuras.

JUSTIFICACION

Nicaragua es un país que ha venido desarrollando su infraestructura en los últimos años, por ello las nuevas tecnologías y sistemas constructivos son cada día más exigentes, a su vez estos garantizan que dichas edificaciones sean más seguras y confiables estructuralmente, ya que se están adoptando nuevas normas de calidad las cuales se encargan de mantenerlas bajo factores de seguridad.

Uno de los factores de interés para el estudio del mejoramiento estructural se basa en que somos vulnerables a eventos sísmicos, por lo que se requiere la utilización de sistemas que superen los métodos actuales.

Es importante señalar que otro aspecto que influye en la planeación de obras civiles es la parte económica puesto que de ella depende que la construcción sea rentable, sin embargo para que esto se logre se deberán de tomar en cuenta variables como el rendimiento, los materiales a utilizar en su ejecución y calidad.

Sin embargo para alcanzar la calidad deseada en los elementos de concreto reforzado se debe considerar aspectos que actúan negativamente sobre el mismo, algunas de las fallas que se presentan obedecen a la mala adherencia de la varilla con el concreto en la zona del empalme o traslape, fenómeno que provoca el agrietamiento y a su vez disminuye la capacidad de carga. También al realizar este tipo de empalmes se presenta el congestionamiento de las varillas lo cual resulta inapropiado puesto que de igual forma provoca el fisuramiento del elemento. Otro parámetro considerado como desventaja es que para poder realizar el traslape por medio de soldaduras se deberá sustituir la varilla por una con grado de concentración de carbono más bajo para que de esta forma se logre una adherencia adecuada con el mínimo material de aportación.

No obstante como una solución integral se presenta un nuevo sistema aplicado directamente al acero de refuerzo para obras de concreto, ellos son los empalmes mecánicos, los cuales ofrecen una mayor resistencia a los esfuerzos que actúan directamente sobre las varillas corrugadas en la estructura, siendo esta es una de las principales ventajas puesto que utilizando estos dispositivos se obtiene una mayor resistencia ante los esfuerzos de tracción en elementos que normalmente no resistirían.

Además estos empalmes permiten economizar tiempo en su armado ya que el mecanismo de muchos de ellos se basa en una rosca cónica que fija los dos extremos de la varilla, permitiendo a su vez la disminución o descongestionamiento en las varillas donde se localiza el empalme por ende permite la utilización de personal no especializado. Por las razones descritas el siguiente estudio se enfoca en mostrar las ventajas que se obtienen al implementar el sistema de empalmes mecánicos en las construcciones de Nicaragua.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar un análisis sobre la implementación de empalmes mecánicos en el acero de refuerzo en elementos de concreto armado.

Objetivos Específicos:

- Describir los tipos de empalmes para barras de acero utilizadas en la construcción de obras civiles.
- Realizar una comparación económica entre el sistema de empalmes convencionales utilizado en la construcción y el sistema de dispositivos mecánicos.
- Señalar las ventajas y desventajas que se presentan al utilizar empalmes mecánicos.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo es aquel que se coloca para resistir esfuerzos provocados por cargas, que son absorbidos básicamente por las armaduras, con el fin de minimizar los efectos de fisuración en la pieza de concreto armado, se dispone de una cantidad de armadura tal que la tensión de trabajo sea baja y asegurar el mantenimiento de la continua distribución de carga en la barra. Por lo anterior, es necesario definir qué tipo de empalme resulta más adecuado y qué comportamiento estructural puede tener la pieza de concreto armado. (INDURA, 2006)

Para Nicaragua el acero de refuerzo a usarse será de grado estructural, las varillas serán corrugadas excepto la No. 2 que es lisa, usada para estribos o aros. El alambre para amarrar las carillas será del calibre 18 ó 20 de hierro dulce o equivalente. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, MTI, 2007)

El acero que cumple con la norma ASTM A-615, exige características de resistencia, ductilidad, dimensiones y etiquetado. Generalmente es importado de Guatemala, El Salvador y Costa Rica. Se clasifica según su grado de fluencia, siendo los más utilizados en el país grado 36 (2,520kg/cm² - 36,000 PSI), grado 40 (2,800kg/cm² - 40,000 PSI), grado 60 (4,200kg/cm² - 60,000 PSI).

1.1.1. Propiedades mecánicas para acero A615 grado 40 (UNAM, 2006)

Límite de Fluencia (f_y) = 2,800 kg/cm² mínimo

Resistencia a la Tracción (R) = 4,900 kg/cm² mínimo.

Alargamiento en 200 mm:

Diámetros: 6 mm, 8 mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8" y 3/4" = 9% mínimo.

1"..... = 8% mínimo.

1 3/8"..... = 7 % mínimo.

Doblado a 180° = Bueno en todos los diámetros.

1.1.2. Propiedades mecánicas para acero A615 grado 60 (UNAM, 2006)

Límite de Fluencia (f_y) = 4,220 kg/cm² mínimo

Resistencia a la Tracción (R) = 6,330 kg/cm² mínimo.

Relación R/ f_y ≥ 1.25

Alargamiento en 200 mm:

Diámetros: 6 mm, 8 mm, 3/8", 12 mm, 1/2", 5/8" y 3/4" = 9% mínimo.

1"..... = 8% mínimo.
 1 3/8"..... = 7 % mínimo.
 Doblado a 180° = Bueno en todos los diámetros.

1.1.3. Peso de la varilla de acero por metro lineal (UNAM, 2006)

#	Ø	L	Lbs x ml	Kg x ml
2	1/4	1.00	0.548	0.249
3	3/8	1.00	1.233	0.559
4	1/2	1.00	2.192	0.994
5	5/8	1.00	3.425	1.554
6	3/4	1.00	4.933	2.237
7	7/8	1.00	6.714	3.045
8	1	1.00	8.769	3.978
9	1 1/8	1.00	11.098	5.034
10	1 1/4	1.00	13.702	6.215
11	1 3/8	1.00	16.579	7.520
12	1 1/2	1.00	19.731	8.950

1.2. TIPOS DE EMPALMES EN BARRAS DE ACERO DE REFUERZO

Los empalmes pueden ser ejecutados mediante un traslape de barras, utilizando conexiones mecánicas o soldadura. Es importante tomar la precaución de no tener varios empalmes en el mismo punto o proyección, tratando que ellos estén ubicados lejos de los puntos de máximo esfuerzo de tracción del elemento. (Meza, 2007)

1.2.1. Empalmes por Traslape

En el traslape, la fuerza de una barra se transfiere al concreto que la rodea por adherencia y simultáneamente, por el mismo efecto, a la otra barra. La eficiencia de estos empalmes depende del desarrollo de la adherencia a lo largo de la superficie de las varillas, y de la capacidad del concreto para transferir los elevados esfuerzos cortantes que se generan. Las uniones por traslapes es por lo general 10 veces el número de la varilla que se empalma, excepto cuando se determine otra especificación. Con dos o más tramos de barra que deben empalmarse, aumenta la congestión de las barras de refuerzo en la zona de solape y como resultado la creación de huecos en el concreto. (Meza, 2007)

- Es aceptable el traslape y amarre entre sí de las varillas del no.2 al no.7

- Los traslapes no deben coincidir con secciones de máximo esfuerzo, a menos que se tomen acciones necesarias avaladas por el proyectista como aumentar la longitud del traslape o especificar un refuerzo adicional.
- La ubicación del traslape no debe excederse de 1/5 de claro de los apoyos principales de los elementos estructurales.
- Se requiere que las uniones entre varillas de una pulgada o mayores sea con un proceso que garantice queden colíndales y sean capaces de transmitir todos los esfuerzos de un tramo de barra a la siguiente. Para la unión están aprobados
Por soldadura Por uniones mecánicas

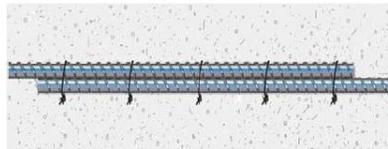


Figura 1. Empalme por traslape
Fuente: (Meza, 2007)

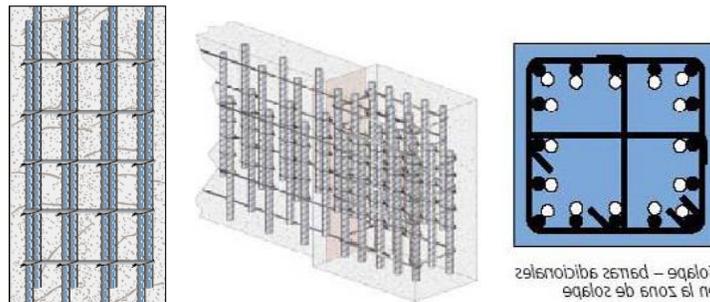


Figura 2. Congestión de armaduras en lugar del empalme traslapado
Fuente: (PENTAIR, 2015)

1.2.2. Empalmes soldados

En los empalmes soldados se requiere considerar la soldabilidad del acero en cuanto a su composición química. La soldadura es un proceso de unión entre los metales por la acción del calor, con o sin aportación del material metálico nuevo, dando continuidad a los elementos unidos, pero solo puede hacerse en acero de baja aleación como el A-706 (acero soldable de alta resistencia y bajo contenido de carbono que ha recibido un tratamiento térmico controlado, dentro de su proceso de laminación). (Meza, 2007)

Normalmente se usan para empalmar varillas de diámetros grandes ($3/4"$ o mayores), siendo obligatorio para las barras mayores o iguales a $1"$ y debe desarrollar por lo menos el 125% del límite elástico (f_y) del acero de la varilla.

La longitud de soldadura no debe superar los 5 diámetros, para no concentrar excesivo calor y así evitar la cristalización del acero. Los empalmes soldados más utilizados son:

- A tope
- Por solape excéntrico

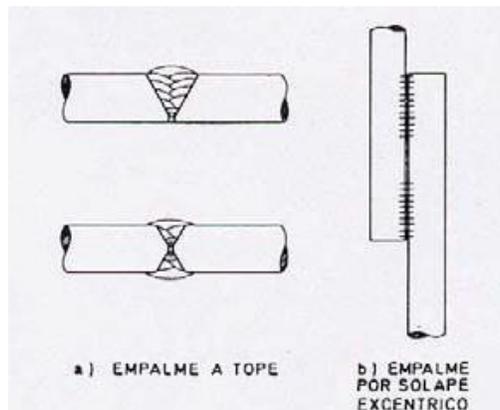


Figura 3. Tipos de Empalmes soldados

Fuente: (INDURA, 2006)

1.2.3. Empalmes Mecánicos

Son piezas metálicas de conexión de varillas que facilitan la construcción de elementos de concreto armado y reducen el congestionamiento de armaduras. En caso de solape, el esfuerzo transmitido depende en gran parte de la buena adherencia con el concreto, por el contrario, un dispositivo de conexión mecánica siempre funciona correctamente y no se ve afectado por problemas de fisuración, asegura el mantenimiento de la continua distribución de carga en la barra, sin depender de la condición o de la existencia del concreto.

Se debe considerar que la calidad del dispositivo debe desarrollar al menos el 125% de la tensión de fluencia especificada para el acero de las barras empalmadas cuando la armadura se encuentre en zonas comprimidas o traccionadas. (Meza, 2007)

Desde el punto de vista antisísmico, existen dos tipos:

- a) Empalme mecánico en Compresión (Tipo 1): debe desarrollar por lo menos 125% del esfuerzo de fluencia (f_y) del acero de la varilla. En pórticos asísmicos especiales o muros estructurales especiales (ver ACI 318S-08, 21.1.1.7), no deben

usarse dentro de una distancia igual al doble del peralte de la viga o donde sea probable se produzca la fluencia del refuerzo, como resultado de desplazamientos laterales inelásticos. (Meza, 2007)

- b) Empalme mecánico en Tracción (Tipo 2), debe desarrollar por lo menos un esfuerzo igual a la carga de rotura f_s del acero de la varilla (100%). Se pueden usar en cualquier localización. (Meza, 2007)

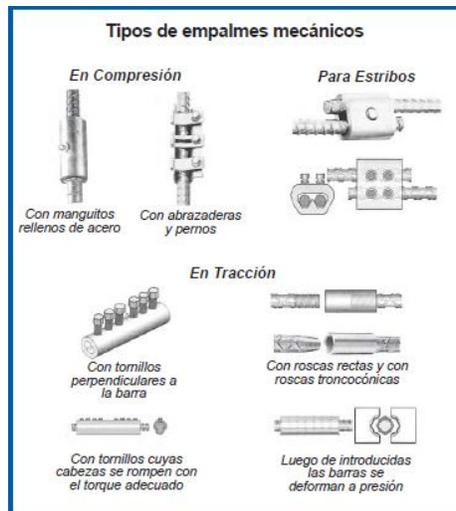


Figura 4. Tipos de Empalmes mecánicos
Fuente: (Meza, 2007)

1.3. Empalmes LENTON

1.3.1. Manguitos Lenton con Rosca Cónica

Los empalmes LENTON son dispositivos que incluye manguitos estándares y de posición, para conectar barras de cada forma y tamaño. También hay manguitos soldables o con rosca métrica para realizar conexiones entre elementos en hormigón y en acero. (PENTAIR, 2015)

- Ventajas de la Instalación.
- Necesita unas 4.5 vueltas para su instalación.
- Evita que se pase de rosca.
- El sistema más rápido de instalar.
- No se requiere herramienta o mano de obra especializada.
- No se requiere electricidad para la instalación.
- La inspección de la unión es rápida y sencilla.
- Reduce el tiempo de grúa.

- La máquina para roscar barras es fácil de usar y se puede instalar in situ o en el taller.
- Como la mayor parte del trabajo se lleva a cabo en el taller de fabricación, el calendario de construcción se acelera.

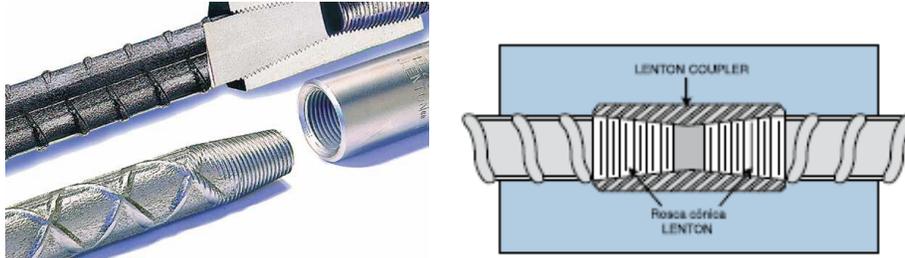


Figura 5. Empalmes rosca cónica

Fuente: (PENTAIR, 2015)

1.3.2. Lenton Form Saver

Es el sistema ideal para trabajar por fases progresivas o en caso de aberturas temporales, eliminando así las varillas salientes. Está diseñado con rosca cónica y una protección de rosca unida a una placa, para una aplicación sencilla y segura al encofrado. (PENTAIR, 2015)

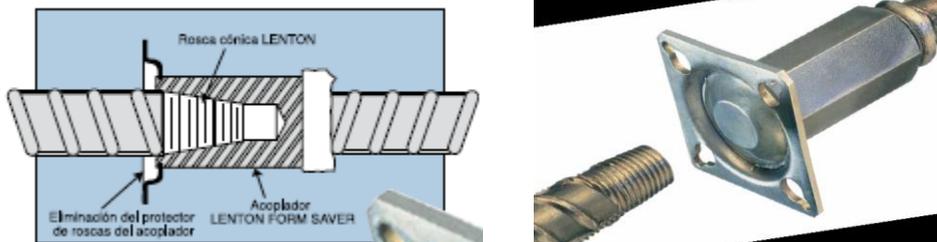


Figura 6. Lenton Form Saver

Fuente: (PENTAIR, 2015)

1.3.3. Lenton Interlok

Lenton Interlok es un sistema de empalme que diseñado para dar una continuidad estructural entre las barras de armaduras en elementos prefabricados. El sistema tiene su máxima eficiencia para eliminar las líneas antiestéticas entre los elementos estructurales. Entre sus ventajas:

- Mantiene integridad estructural a través de elementos prefabricados. Las barras conectadas se portan como una barra única más allá del 125% de la carga f_y .

- Las cargas de tensión se transfieren a través de las barras no dependen de la resistencia a compresión del concreto.
- La conexión no crea problemas al concreto alrededor, puesto que no hay producción de calor como en las soldaduras. (PENTAIR, 2015)

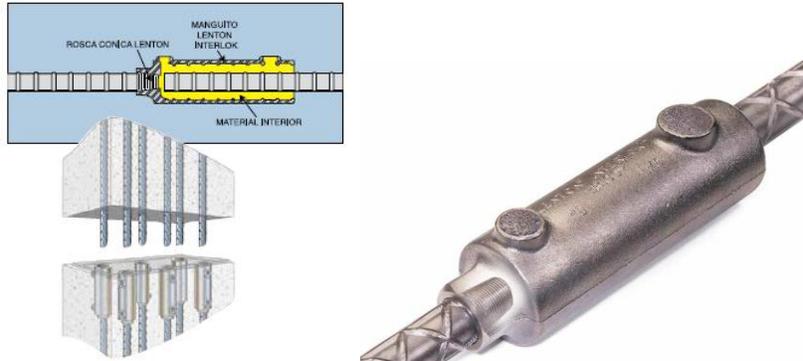


Figura 7. Lenton Interlock
Fuente: (PENTAIR, 2015)

1.3.4. Lenton Quick Wedge

El sistema de empalme mecánico Lenton Quick Wedge se realiza en algunos instantes solapando las barras en el manguito de acero y luego insertando una cuña entre las barras mediante una máquina hidráulica móvil. Permite cortar las barras aproximadamente en la medida de la conexión eliminando el problema de cortar las barras a una medida precisa. La conexión se realiza con un trozo de barra saliente solamente de 76 mm. (PENTAIR, 2015)

- El largo mínimo de barras en espera necesaria elimina el coste de quitar el concreto en caso de reparaciones.
- La posibilidad de “solape” y la mínima dimensión de barra libre hace el sistema más indicado para trabajos de reparaciones de puentes y carreteras y para cerrar huecos.
- Agrega barras en acero mediante estribos en aplicaciones sísmicas.
- Se pueden realizar más de 100 conexiones por hora. (PENTAIR, 2015)



Figura 8. Lenton Quick Wedge
Fuente: (PENTAIR, 2015)

1.3.5. Lenton Terminator

Es un anclaje con rosca cónica que se pone a la extremidad de una barra de armadura para realizar un anclaje más eficaz de un anclaje hecho a través de una barra doblada. Este sistema simplifica el hueco de las armaduras, reduce la congestión y mejora la integridad estructural. (PENTAIR, 2015)

- 60% de reducción de congestión debida a barras dobladas.
- Cumple con todas las principales normativas minimizando el tamaño de los anclajes estándares.
- Simplifica la puesta en obra para una ejecución más eficaz.
- Ofrece una mayor flexibilidad de diseño comparada a la dobladura estándar.
- Instalación más rápida con ahorro de coste de mano de obra.
- Las dimensiones estándares del producto exigen un menor detalle en el diseño.
- Simplifica y permite la extensión futura de la estructura. (PENTAIR, 2015)

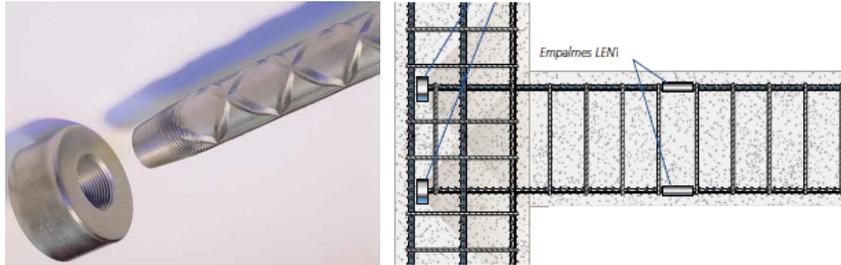


Figura 9. Lenton Terminator
Fuente: (PENTAIR, 2015)

1.3.6. Lenton Lock

Este sistema no requiere preparación de los extremos de la barra, incorpora tecnología de agarre patentada que permite el desarrollo de una resistencia completa de la barra de refuerzo por actuar como si fuera una sola y una mejor integridad estructural general en aplicaciones relacionadas con tensión, compresión, inversión de los esfuerzos y dinámicas. Este conector mecánico para barra de refuerzo está diseñado para ser utilizado en empalmes de columnas, aplicaciones de puentes, apilamiento, vigas, construcción de chimeneas y otras aplicaciones de empalme complicadas. (PENTAIR, 2015)





Figura 10. Lenton Terminator
Fuente: (PENTAIR, 2015)

1.3.7. Anclaje alta adherencia HA

Los anclajes de Alta adherencia están utilizados para reducir la densidad de armaduras en las zonas de anclaje de los elementos de concreto armado, simplificando el montaje y la colocación de las armaduras, evitando el anclaje por gancho. Este tipo de anclaje está compuesto por un medio manguito de serie ET, soldado a una pletina que transmite la totalidad del esfuerzo al concreto. (PENTAIR, 2015)

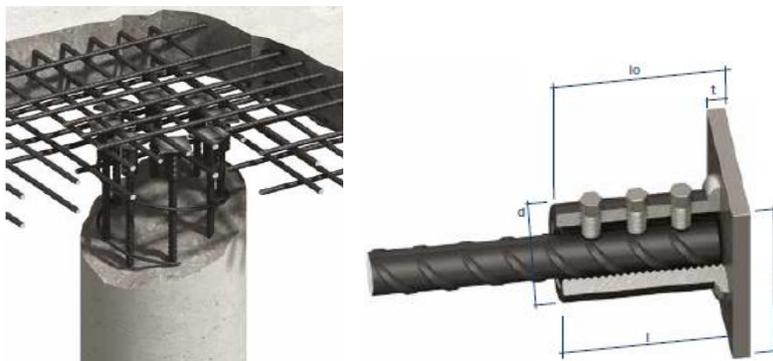


Figura 11. Anclaje Alta Adherencia
Fuente: (PENTAIR, 2015)

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE EMPALMES PARA BARRAS DE ACERO

Reglamento Nacional de la Construcción 2007.

Art. 122.- Empalmes en el Refuerzo (Ministerio de Transporte e Infraestructura, MTI, 2007)

- a) Las juntas en el refuerzo solo deben hacerse, cuando lo requieran o lo permitan los planos de diseño, las especificaciones o lo autorice el Ingeniero.
- b) Las barras de refuerzo pueden empalmarse mediante traslapes por medio de soldaduras o dispositivos mecánicos de unión.
- c) Las especificaciones y detalles de los empalmes deben mostrarse en los planos.
- d) Los traslapes no deberán usarse para varillas mayores del número 8, excepto cuando lo indicado en las secciones 12.16.2 15.8.2.3, del ACI 318S-05

15.8.2.3 — En las zapatas, se permite el empalme por traslapo de las barras longitudinales de diámetro No. 43 y No. 57, sólo en compresión, con pasadores (dowels) para proporcionar el refuerzo requerido para satisfacer lo estipulado en 15.8.1. Los pasadores (dowels) no deben ser mayores que barras No. 36 y deben extenderse dentro del elemento soportado por una distancia no menor que la longitud de desarrollo l_{dc} de barras No. 43 y No. 57, o que la longitud de empalme por traslapo de los pasadores (dowels), la que sea mayor, y dentro de la zapata por una distancia no menor que la longitud de anclaje de los pasadores.

12.16.2 — Cuando se empalman por traslapo barras de diferente diámetro en compresión, la longitud del empalme por traslapo debe ser la mayor de $1d_c$ de la barra de tamaño mayor, o la longitud del empalme por traslapo de la barra de diámetro menor. Se permite empalmar por traslapo barras No. 43 y No. 57 con barras de diámetro No. 36 y menores. (American Institute Concret, 2008)

- e) Los traslapes de paquetes de varillas, deben basarse en la longitud de traslape requerida para las varillas individuales dentro de un paquete, aumentada en un 20% para paquetes de 3 varillas y en un 33% para paquetes de 4 varillas. Los traslapes de las varillas individuales dentro de un paquete no deben coincidir en el mismo lugar.
- f) Un empalme totalmente soldado, debe tener varillas soldadas a tope para desarrollar en tensión, por lo menos, un 125% de la resistencia a la fluencia especificada f_y de la varilla.
- g) Las conexiones totalmente mecánicas, deben desarrollar en tensión o compresión según se requiera, un 125% de la resistencia a la fluencia especificada f_y de la varilla. (Ministerio de Transporte e Infraestructura, MTI, 2007)

2.1. DESCRIPCIÓN DE EMPALME POR TRASLAPE

2.1.1. Especificaciones del Reglamento Nacional de la Construcción 2007

Art. 123.- Empalmes de Alambres y Varillas Corrugadas a Tensión

La longitud mínima de los traslapes en tensión será conforme a los requisitos de empalmes clase A o B, pero no menor de 30 cm., donde:

Empalme Clase A.....1.0 l_d

Empalme Clase B.....1,3 l_d

Donde l_d se calcula de acuerdo con 12.2 para desarrollar f_y , pero sin los 300 mm mínimos de 12.2.1 y sin el factor de modificación de 12.2.5

$\frac{A_s \text{ proporcionado}^*}{A_s \text{ requerido}}$	Porcentaje máximo de A_s empalmado en la longitud requerida para dicho empalme	
	50	100
Igual o mayor que 2	Clase A	Clase B
Menor que 2	Clase B	Clase B

Tabla 1. Empalmes por traslape en tracción

Fuente: (Reglamento Nacional de la Construcción, 2007)

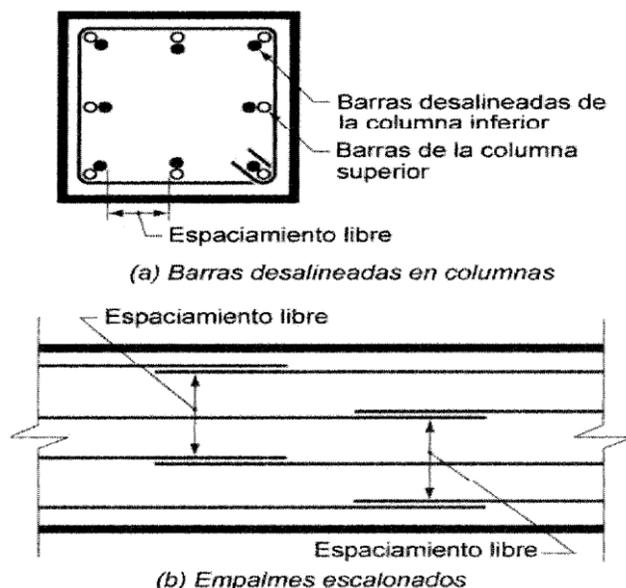


Figura 12. Espaciamiento libre de barras empalmadas

Fuente: (American Institute Concret, 2008)

Art. 124.- Empalmes de Varillas Corrugadas Sujetas a Compresión

La longitud mínima de un empalme para traslapes en compresión, será la longitud de desarrollo en compresión calculada de acuerdo con lo que establece el inciso c) del Art. 125, pero no debe ser menor de $0.007 f_y d_b$ para un f_y menor o igual a 4200 Kg/cm^2 , o de $(0.013 f_y - 24) d_b$, para un f_y mayor de 4200 Kg/cm^2 , ni menor de 30 cm. Cuando f'_c sea menor de 210 kg/cm^2 , la longitud del empalme debe incrementarse en $1/3$.

En miembros reforzados a compresión con aros, donde estos tengan un área efectiva de por lo menos $0.0015 h_s$ en toda la longitud de traslape, donde h es el peralte total de miembro en cm, y s es la separación de los estribos o aros en cm., la longitud de traslape puede multiplicarse por 0.83, pero dicha longitud no debe ser menor de 30 cm.

Los empalmes a Tracción, generan compresión diagonal en el concreto ubicado entre varillas; por este motivo, es importante incorporar estribos que limiten el desarrollo de las grietas originadas por estos esfuerzos, y que aseguren una falla dúctil.

Los empalmes a Compresión, trabajan bajo condiciones más favorables, por lo que requieren de una menor longitud. La causa principal de falla de estos empalmes se da por el aplastamiento del concreto en el extremo de la varilla, sobre todo cuando éstas son de gran diámetro.

2.1.2. Empalmes por traslape en Columnas según ACI 318S-08

12.17.2.1. Cuando el esfuerzo de las barras debido a las cargas mayoradas es de compresión, los empalmes por traslape deben cumplir con 12.16.1, 12.16.2, y cuando sea aplicable 12.17.2.4 o 12.17.2.5.

12.17.2.2. Cuando el esfuerzo en las barras debido a las cargas mayoradas es de tracción, y no excede $0.5 f_y$ en tracción, los empalmes por traslape por tracción deben ser Clase B si más de la mitad de las barras se empalman en cualquier sección, o empalmes por traslape por tracción Clase A si la mitad o menos de las barras están empalmadas por traslape en cualquier sección, y los empalmes por traslape tomados alternamente están escalonados una distancia L_d .

12.17.2.3. Cuando el esfuerzo en las barras debido a las cargas mayoradas es mayor que $0.5 f_y$ en tracción, los empalmes por traslape por tracción deben ser Clase B.

12.17.2.4. En elementos sometidos a compresión en los estribos a lo largo de toda la longitud del empalme por traslape tengan un área efectiva no menor que $0.0015 h_s$, en

ambas direcciones, se permite multiplicar la longitud del empalme por traslape por 0.83, pero la longitud del empalme por traslape no debe ser menor que 300 mm. Las reamas del estribo perpendiculares a la dimensión h deben usarse para determinar el área efectiva.

2.1.3. Longitudes de traslape y bayoneteado

(Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 1997)

TABLA DE TRASLAPE Y BAYONETEADO								
	Diametro	#2(1/4")	#3(3/8")	#4(1/2")	#5(5/8")	#6(3/4")	#7(7/8")	#8(1")
	L.T. (M)	.30	.30	.40	.50	.60	.70	.80
LBS/m lineal PESO (LIBRAS POR METRO LINEAL)	LBS/M	0.55	1.232	2.19	3.41	4.928	6.7	8.76
NUMERO DE VARILLAS POR QUINTAL	Nº VARILLA DE 20' / qq	29.39	13.30	7.49	4.79	3.33	2.45	1.87

NOTA: PARA REFUERZO MAYOR QUE EL #8(1") EL TRASLAPE DEBERA SOLDARSE DE ACUERDO CON LAS NORMAS AWS 12.1 Y/O ASTM A-706

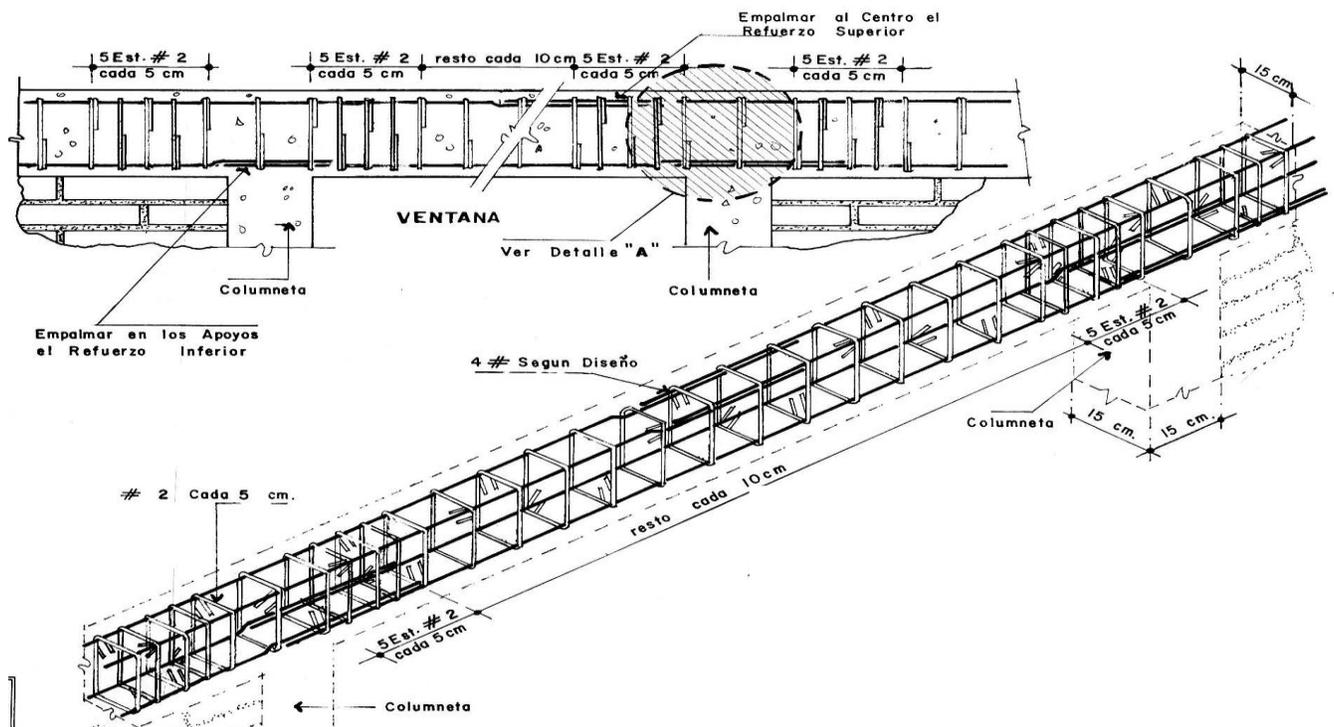


Figura 13. Detalle de empalme con bayoneta

Fuente: (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 1997)

2.2. DESCRIPCION DE EMPALME POR SOLDADURA

Una alternativa para el traslape es empalmar las varillas es mediante soldadura, según los procedimientos descritos de la American Welding Society (ACI 318-05, sección 12.14.3.3) y es comúnmente utilizado el electrodo 6011 con unión por traslape o a tope.

2.2.1. Especificaciones del Reglamento Nacional de la Construcción 2007

- Los empalmes deben estar escalonados cada 60 cm, y de tal manera que desarrollen en cada sección, por lo menos, 2 veces la fuerza de la tensión calculada en esa sección, pero no menos de 1.40 Kg/cm² para el área total del refuerzo proporcionado.
- Cuando se calcula la fuerza de tensión desarrollada en cada sección, el acero de refuerzo empleado puede evaluarse en razón a la resistencia especificada del empalme. El acero de refuerzo no empalmado debe evaluarse a razón de esa fracción de f_y , definida por la relación de la longitud de desarrollo real más corta a la l_d requerida, para desarrollar la resistencia a la fluencia especificada f_y Relación del área de refuerzo proporcionada al área de refuerzo requerida por el análisis en la ubicación de traslape.

2.2.2. Electrodo 6011

a) Características

Electrodo celulósico de alta penetración, tiene característica mecánica muy superiores a electrodos de su tipo, buena tenacidad a temperaturas bajo cero. (INDURA, 2006)

b) Datos Técnicos

Presentación: Electrodo (SMAW)

Resistencia a la Tensión: 73,500 Libras/Pulg²

Tipo de Corriente: CA ó CD Electrodo Positivo (Polaridad Inversa)

c) Diámetros Y Amperajes

3/32" (2.4 mm)	40 - 80 amperes
1/8" (3.2 mm)	75 - 125 amperes
5/32" (4.0 mm)	110 - 170 amperes
3/16" (4.8 mm)	140 - 215 amperes

Se requiere personal calificado con herramientas de seguridad para realizar soldaduras.



*Figura 14. Soldadura por traslape
Fuente: (Meza, 2007)*

2.3. DESCRIPCION DE EMPALME MECANICO

Las varillas también pueden unirse utilizando una variedad de conexiones mecánicas (ACI 318-95, sección 12.14.3). La mayoría de éstas se presentan como conectores que sirven para alinear las varillas y mantenerlas en la posición deseada. Para las conexiones utilizadas en los esfuerzos de tensión y algunas utilizadas en los esfuerzos de compresión, los conectores transfieren estos esfuerzos directamente de una varilla a la otra.

Los reglamentos de construcción requieren que las conexiones mecánicas tipo 1 soporten 100% de la resistencia a tracción de la varilla y un 125% de la resistencia de fluencia especificada de la varilla. Los dispositivos tipo 2 deben soportar 125% de la resistencia de fluencia de la barra ambos comprobados mediante ensayos.

2.3.1. Especificaciones del ACI 318S- 08

12.15.4. Los empalmes mecánicos utilizados donde el área de refuerzo proporcionada es menor del doble de la requerida por el análisis, deben cumplir con los requisitos de 12.14.3.2 o de 12.14.3.4

12.15.5. Los empalmes mecánicos que no cumplen con los requisitos de 12.14.3.2 o 12.14.3.4 se permiten para barras No. 16 o menores si cumple con 12.15.5.1 a 12.15.5.3

12.15.5.1. Los empalmes deben estar escalonados cuando menos 600mm.

2.3.2. Propiedades mecánicas de empalmes LOCK y TERMINATOR

Se realiza la descripción únicamente de empalme LENTON LOCK y LENTON TERMINATOR por ser los utilizados en el análisis comparativo. (PENTAIR, 2015) (Pentair, 2015)

2.3.3. Empalmes Mecánicos LOCK

– Colocación

Consisten en un tubo con resistencia mayor a la de las varillas que en su lomo se le han hecho perforaciones roscadas con tornillos, elaborado de acero con forro epóxido para resistir la corrosión. Dentro del tubo se introduce en cada extremo una barra de refuerzo y ambas se fijaran apretando los tornillos según su diseño. Sirve para unir barras de los mismos o diferentes diámetros. (Pentair, 2015)

Primer paso

Colocar el manguito sobre la armadura en espera. Comprobar que la armadura entra hasta la mitad del manguito con una tolerancia de 6 mm. Apretar los tornillos de presión manualmente hasta hacer contacto con la armadura. Verificar la alineación entre barras y corregir si fuera necesario.



Fuente: (Pentair, 2015)

Segundo paso

Colocar la segunda armadura dentro del manguito hasta hacer contacto con la primera armadura. Apretar los tornillos de presión llegando hasta la armadura. Verificar la alineación entre barras y corregir si fuera necesario.



Fuente: (Pentair, 2015)

Tercer Paso

Finalizar el apriete de los tornillos de presión con la ayuda de una llave tipo “carraca” o una atornilladora. No utilizar una llave de golpes. Apretar los tornillos de modo alternado (primero los tornillos 1,3,5 y luego los otros 2,4,6) hasta llegar a la rotura de la cabeza.



Fuente: (Pentair, 2015)

Para evitar que los pernos vibren sueltos, se sugiere que cada perno ser pre-ajustado (aproximadamente 50% recomendado) antes de aplicar el par de apriete final.

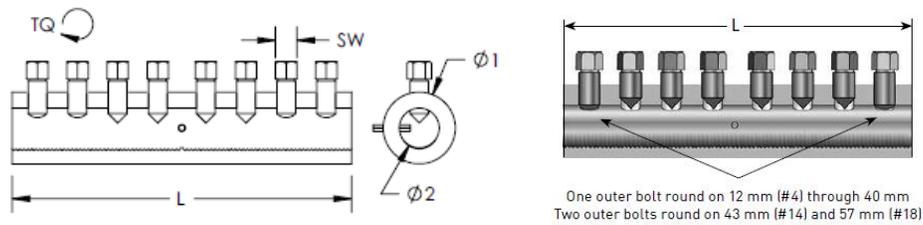


Figura 15. Especificaciones de empalmes Lock
Fuente: (Pentair, 2015)

Part Number	Bar Size Designation			Ø1 Outside Diameter (a)		Ø2 Inside Diameter		Length (L)		Socket Size (SW)		Number of Bolts	Number of Round Bolts	TQ Average Bolt Torque		Unit Weight (a)	
	Metric (mm)	US	Canada	(mm)	(")	(mm)	(")	(mm)	(")	(mm)	(")			(N-m)	(ft-lb)	(kg)	(lb)
2B1	12	#4	10M	29	1.25	15	0.59	127	5.0	13	1/2	6	2	205	150	0.57	1.3
6B1	14, 16	#5	15M	35	1.38	19	0.75	159	6.3	13	1/2	6	2	205	150	0.92	2.0
10B1	18, 20	#6	20M	44	1.75	24	0.94	191	7.5	13	1/2	8	2	205	150	1.68	3.7
14B1	22	#7	-	48	1.88	28	1.10	222	8.7	16	5/8	8	2	340	250	2.28	5.0
18B1	25	#8	25M	54	2.13	30	1.18	254	10.0	16	5/8	8	2	475	350	3.37	7.4
22B1	28, 30	#9	30M	60	2.38	34	1.34	287	11.3	16	5/8	10	2	475	350	4.56	10.1
28B1	32	#10	-	65	2.50	38	1.50	323	12.7	21	13/16	8	2	680	500	5.92	13.0
36B1	34, 36	#11	35M	72	2.75	43	1.69	358	14.1	21	13/16	10	2	750	550	7.79	17.2
44B1	38, 40	-	-	80	3.25	47	1.85	400	15.7	21	13/16	12	2	790	580	10.88	24.0
54B1	43	#14	45M	89	3.50	53	2.09	523	20.6	25	1	14	4	1,300	960	17.03	37.5
66B1	57	#18	55M	117	4.50	67	2.64	662	26.1	25	1	18	4	1,300	960	38.97	85.9

Tabla 2. Valores de torque para los tamaños de acoplador 12 (# 4) a 57 (# 18)
Pre-Torque no es necesario para los tamaños 12 a 36
Fuente: (Pentair, 2015)

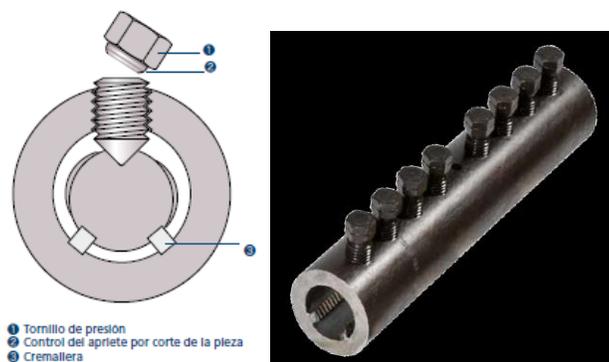


Figura 16. Cabezas de seguridad de empalmes Lock
Fuente: (Pentair, 2015)

2.3.4. Empalme Terminator

En algunos casos especiales, por ejemplo en los extremos del refuerzo a flexión principalmente en vigas de gran altura, no hay espacio suficiente para los ganchos o para el acero necesario de confinamiento y deben utilizarse dispositivos especiales de anclaje mecánico. Éstos pueden ser platinas soldadas o dispositivos fabricados que deben someterse a ensayos para determinar si son adecuados. Cuando se utilizan estos dispositivos, el desarrollo del refuerzo puede obtenerse combinando la contribución de la adherencia a lo largo de la longitud de la barra que llega hasta la sección crítica con la dada por el anclaje mecánico; es decir, la resistencia total es la suma de las dos partes. LENTON TERMINATOR proporciona una alternativa a la barra doblada o un anclaje, la cara frontal del empalme se ha diseñado generosamente para soportar toda la carga de tensión de la barra cuando el anclaje esté aguantando el concreto o acero estructural. (pentair, 2015)

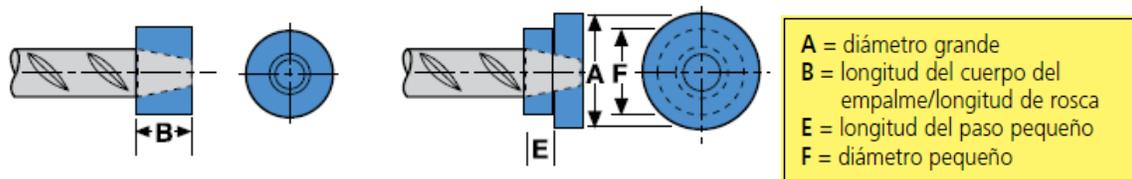


Figura 17. Especificaciones de Empalme Terminator

Fuente: (pentair, 2015)

LENTON TERMINATOR - D16														
Inch lb	Diámetro de la Barra			Código Producto	"A"		"B"		"E"		"F"		Peso	
	Métrico	Canadiense	Soft Metric		in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	lb	kg
4	12 mm	10M	13	EL12D16	1-3/8	28	3/4	19	-	-	-	-	0.3	0.13
5	16 mm	15M	16	EL16D16	1-1/2	36	15/16	24	-	-	-	-	0.4	0.16
6	20 mm	20M	19	EL20D16	1-7/8	45	1-3/8	35	-	-	-	-	0.9	0.41
7	22 mm	-	22	EL22D16	2	50	1-7/16	38	-	-	-	-	1.1	0.50
8	25 mm	25M	25	EL25D16	2-1/4	60	1-9/16	40	-	-	-	-	1.5	0.68
9	28 mm	30M	29	EL28D16	2-3/4	65	1-5/8	42	-	-	-	-	2.4	1.10
10	32 mm	-	32	EL32D16	3	75	1-3/4	46	-	-	-	-	3.1	1.39
11	36 mm	35M	36	EL36D16	3-1/4	85	2-1/16	52	-	-	-	-	3.7	1.84
-	40 mm	-	-	EL40D16	3-3/4	90	2-1/4	58	-	-	-	-	5.1	2.22
14	43 mm	45M	43	EL43TD16	4	100	2-1/2	67	1	25	3	76	6.7	2.90
-	50 mm	-	-	EL50TD16	4-1/2	115	2-11/16	71	1	25	3	76	8.3	3.66
18	57 mm	55M	57	EL57TD16	5-1/8	130	3-3/16	84	1	25	3	76	12.7	5.65

Tabla 3. Dimensiones de Empalmes Terminator

Fuente: (pentair, 2015)

CAPÍTULO III: COMPARACIÓN ECONOMICA ENTRE SISTEMAS DE EMPALMES

Se realiza una comparación entre sistemas de empalmes de barras de acero en la parte económica por tener menos limitaciones y ser más viable que una comparación en base al comportamiento de resistencia. Se debe recalcar que únicamente se presupuestará el acero de refuerzo del concreto por ser este el único rubro que variará. Se toma una sección estructural de 2 edificios ya diseñados de diferente magnitud para comprobar si a menor diámetro varillas se incrementa el costo.

3.1. COMPARACIÓN ENTRE EMPALME POR TRASLAPE Y EMPALME MECÁNICO

Para la comparación entre empalme por traslape y empalme mecánico se extrajo una sección de estructura, específicamente la viga asísmica de un edificio existente de 196m de perímetro ubicado en Sébaco que consta de 1 planta y es utilizado para auditorio. La sección esta reforzada con varilla corrugada No.4 A-615, grado 40 de 12m de longitud y estribos No. 2 según detalle estructural.

3.1.1. Especificaciones Técnicas de Viga Asismica

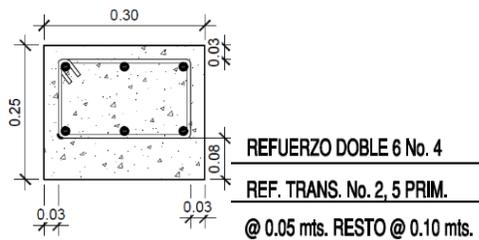


Figura 18. Detalle estructural de Viga Asísmica según planos

3.1.2. Longitud de Anclaje y Traslape

Los traslapes y empalmes de varillas individuales de refuerzo deberán cumplir con las longitudes de la tabla de traslapes. Los empalmes de varillas individuales deberán hacerse de manera escalonada cuando menos 60 cm según el ACI (318S-08) arto. 12.15.5.1

TABLA DE TRASLAPES Y BAYONETEADO (mt)
Fy=40 Ksi, Fc=3000 Psi

	NÚMERO VAR.	4	5
	EMPALME	0.40	0.55

LOS VALORES DE LAS LONGITUDES DE ANCLAJE Y TRASLAPE PUEDEN REDUCIRSE SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICEN LAS ECUACIONES 12.1 Y 12.2 DEL ACI 318-08.

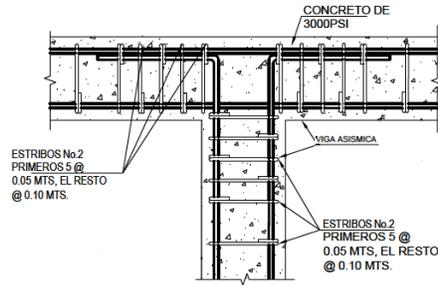


Figura 19. Detalle de traslape y anclaje de Viga asísmica, según planos

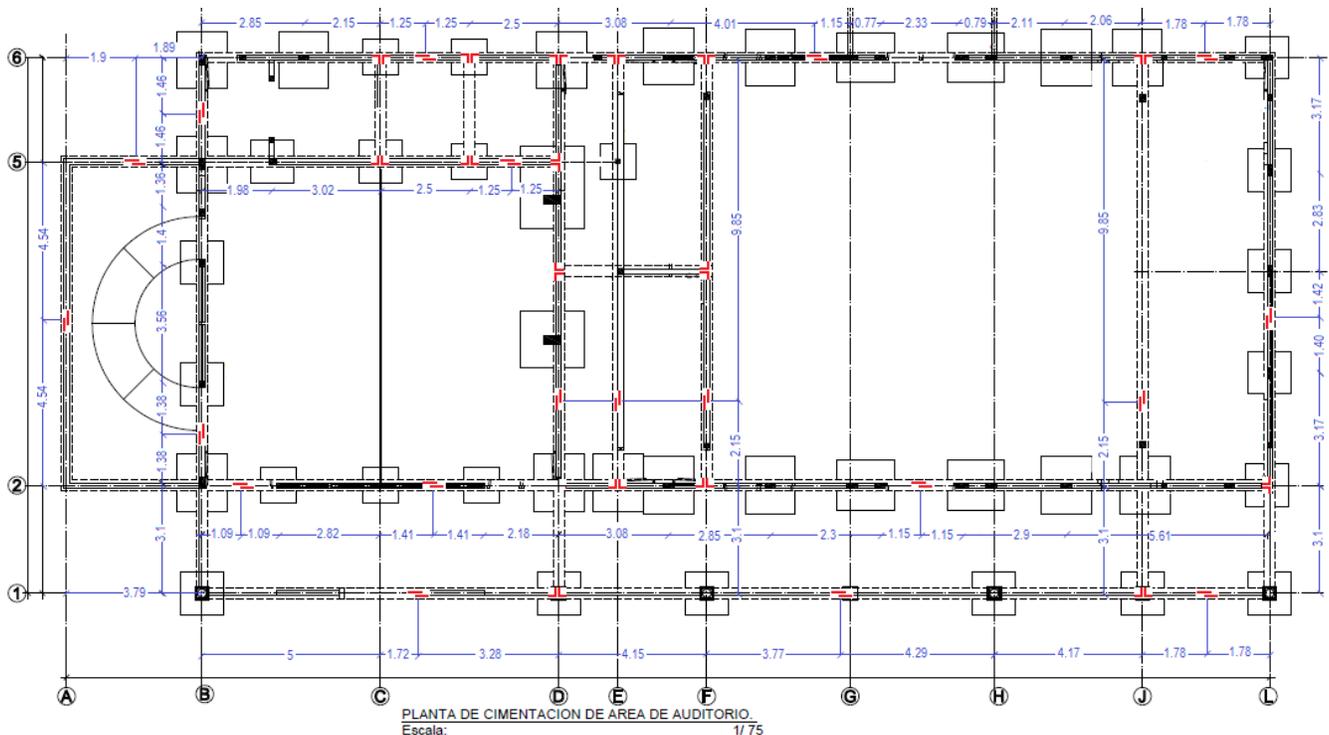


Figura 20. Perímetro de Viga y ubicación de traslape y anclajes, según planos.

3.1.3. Cálculo de cantidad de acero de refuerzo utilizando traslape

$$A_{principal} = L_{total} + (No. Traslape \times L. Traslape) \times 6 \times F_{desperdicio}$$

$$A_{principal} = 196.03m + (35 \times 0.8)m \times 6 \times 1.03$$

$$A_{principal} = 1,384.5 m \times 2.2 = 3,046 lb$$

$$No. De varillas \frac{1}{2}'' \text{ por } qq = 4 v \text{ de } 12m \text{ de longitud}$$

$$A_{principal} \approx 30.5 qq \approx 122 \text{ varillas}$$

3.1.4. Cálculo de cantidad de estribos utilizando traslape

Primeros 5 cada 5 cm el resto cada 10 cm: Tramo : $10 \text{ est} + \frac{L_{\text{tramo}} - L_{\text{sep}}}{0.10} \times 10 \text{ estribos}$

$$\text{Tramo 1: } 10 \text{ est} + \frac{8.76m}{0.10m} = 98 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 15: } 10 \text{ est} + \frac{9.45m}{0.10m} = 105 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 2: } 10 \text{ est} + \frac{10.8m}{0.10m} = 118 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 16: } 10 \text{ est} + \frac{9.45m}{0.10m} = 105 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 3: } 10 \text{ est} + \frac{10.8m}{0.10m} = 118 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 17: } 10 \text{ est} + \frac{4.85m}{0.10m} = 59 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 4: } 10 \text{ est} + \frac{9.84m}{0.10} = 109 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 18: } 10 \text{ est} + \frac{4.85m}{0.10m} = 59 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 5: } 10 \text{ est} + \frac{9.05m}{0.10m} = 101 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 19: } 10 \text{ est} + \frac{3.75m}{0.10m} = 48 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 6: } 10 \text{ est} + \frac{8.8m}{0.10m} = 98 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 20: } 10 \text{ est} + \frac{2.52m}{0.10m} = 36 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 7: } 10 \text{ est} + \frac{10.59m}{0.10m} = 116 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 21: } 10 \text{ est} + \frac{2.52m}{0.10m} = 36 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 8: } 10 \text{ est} + \frac{10.44m}{0.10m} = 115 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 22: } 10 \text{ est} + \frac{9.02m}{0.10m} = 101 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 9: } 10 \text{ est} + \frac{6.77m}{0.10m} = 78 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 23: } 10 \text{ est} + \frac{4.92m}{0.10m} = 60 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 10: } 10 \text{ est} + \frac{6.04m}{0.10m} = 71 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 24: } 10 \text{ est} + \frac{10.27m}{0.10m} = 113 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 11: } 10 \text{ est} + \frac{10.24m}{0.10m} = 113 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 25: } 10 \text{ est} + \frac{10.8m}{0.10m} = 118 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 12: } 10 \text{ est} + \frac{0.85m}{0.10m} = 19 \text{ est}$$

$$\text{Tramo 13: } 10 \text{ est} + \frac{9.45m}{0.10m} = 105 \text{ est}$$

Total = 2,453 estribos

$$\text{Tramo 14: } 10 \text{ est} + \frac{9.45m}{0.10m} = 105 \text{ est}$$

$$L_{\text{Desarrollo}} = (0.14m \times 2) + (0.24m \times 2) + (2 \times (10 \times 0.00635m))$$

$$L_{\text{Desarrollo}} = 0.887 \text{ m}$$

$$\text{Total} = \text{No. est} \times L_{\text{Desarrollo}} \times F_{\text{Desperdicio}}$$

$$\text{Total} = 2,453 \times 0.887m \times 1.02 = 2,220m \times 0.55 = 1,221 \text{ lb} \approx 12.5 \text{ qq}$$

$$\text{Total Estribos} = 12.5 \text{ qq}$$

3.1.5. Cálculo de Alambre de Amarre utilizando traslape

Alambre de Amarre: $A_A = 5\% \text{ Aprincipal} \times F_{\text{Desperdicio}}$

$$A_A = 5\% 30.5qq \times 1.1 = 1.68 qq$$

$$A_A = 168 lb$$

– Resumen de Presupuesto para materiales de viga asismica utilizando traslapes

Materiales	U/M	Cantidad	Precio C\$	Total
*Varilla corrugada acero no.4	qq	30.50	C\$ 1,100.00	C\$ 33,550.00
**Varilla lisa de acero no.2	qq	12.50	C\$ 900.00	C\$ 11,250.00
Alambre de amarre calibre 18	lb	168.00	C\$ 20.00	C\$ 3,360.00
			Sub-total	C\$ 48,160.00
*Longitud de varilla no.4 = 12m			IVA 15%	C\$ 7,224.00
**Longitud de varilla no.2 = 6m			Total	C\$ 55,384.00
Transporte	15 %material			C\$ 11,076.80
			TOTAL	C\$ 66,460.80

Tabla 4. Precio de Materiales para V-A con refuerzo de 1/2"

3.1.6. Mano de obra utilizando traslape

(Camara Nicaraguense de la Construccion, 2016)

Alistar: Enderezar, cortar, doblar y manipular el acero (varillas para elemento) enderezar, cortar y doblar acero para estribo.

Armar: Amar o amarrar entre si las diferentes partes o elementos que componen los conjuntos armados (Fijar el estribo al elemento con alambre).

Colocar: Instalar en su sitio conforme planos los conjuntos alistados y armados.

Hacer anclajes: Doblar los extremos de las varillas en vigas y columnas para su amarre final siempre y cuando se efectúe en el sitio de La colocación o en el banco.

– Resumen de Rendimiento Horario y tiempo total de ejecución de armado de viga

Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	N.R.H.	Tiempo (hrs.)	Tiempo (días)	No. Hombres por actividad	Tiempo total (días)
Alistar acero no.4 para viga	kg	1,385.00	28.81	48.07	6.01	3.00	2.00
Alistar estribos acero no.2 para viga	kg	555.00	43.21	12.84	1.61	3.00	0.54
Armar acero no.4 para viga	kg	1,385.00	28.8	48.09	6.01	4.00	1.50
Anclaje acero no.4 para viga	c/u	16.00	8.42	1.90	0.24	1.00	0.24
Colocar acero no.4 para viga	kg	1,939.50	21.61	89.75	11.22	4.00	2.80
Cortar alambre recosido no.18	qq	2.00				TOTAL	6.85

Tabla 5. Rendimiento Horario de Armadores

SALARIO POR UNIDAD DE TIEMPO

CODIGO	DESCRIPCION	U/M	Precio C\$
ARM-500	Tiempo Ordinario Armadores	Hora	37.20
ARM-501	Tiempo Lluvia Armadores	Hora	37.20
ARM-502	Tiempo Adicional Armadores	Hora	55.80
ARM-503	Tiempo de fresco y salida armadores	Hora	37.20
ARM-504	Tiempo Feriados Armadores	Hora	37.20
ARM-505	Tiempo de permiso al INSS Armadores	Hora	37.20
ARM-506	Tiempo Extraordinarios Armadores	Hora	74.40
ARM-507	Tiempo Excepcional Armadores	Hora	37.20
CODIGO	DESCRIPCION	U/M	PrecioC\$
<u>ARMADURIA</u>			
ARM-001	Alistar, armar y colocar acero en vigas, columnas,	lbs	1.71
	losas y muros, en acero menor o igual al No. 4	kg	3.77
<u>ALISTAR CON ACERO MENOR O IGUAL AL NO.4</u>			
ARM-005	Alistar acero en vigas y columnas	lbs	0.52
		Kg	1.13
<u>ARMAR CON ACERO MENOR O IGUAL AL NO. 4</u>			
ARM-013	Armar acero en vigas y columnas	lbs	0.52
		kg	1.13
<u>COLOCAR CON ACERO MENOR O IGUAL AL NO.4</u>			
ARM-019	Colocar acero en vigas y columnas	lbs	0.68
		kg	1.50
<u>ALISTAR, ARMAR Y COLOCAR ESPECIALIDADES</u>			
ARM- 025	Escuadras, bayonetas y anclajes menor o igual al no.4	lbs	1.82
		kg	3.99
ARM-027	Cortar alambre recocido no. 18	qq	85.79

– Resumen de Salario por hora y total de mano de obra para armadura de viga.

ARMADURIA		
Salario por Unidad de Tiempo (horas)	Oficial	Ayudante
Precio por hora C\$	C\$ 41.50	C\$ 37.20
Dias de Ejecución	7.00	7.00
Horas Laborales	56.00	56.00
No. De trabajadores	3.00	5.00
Salario por trabajador	C\$ 2,324.00	C\$ 2,083.20
Sub-Total	C\$ 6,972.00	C\$ 10,416.00
Total Salario de Trabajadores		C\$ 17,388.00

Tabla 6. Salario de armadores

3.1.7. Presupuesto utilizando empalmes por traslape.

Concepto	Unidad	Costos Unitarios				Costos Totales				C. total
		Cantidad	Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. unitario	Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	
ARMADURIA										
Viga Asismica	kg	1,939.50	C\$ 28.56	C\$ 8.97	C\$ 5.71	C\$ 43.23	C\$ 55,384.00	C\$ 17,388.00	C\$ 11,076.80	C\$ 83,848.80

Tabla 7. Presupuesto para refuerzo por empalme de traslape

3.1.8. Cálculo de cantidad de acero de refuerzo utilizando empalme mecánico

$$A_{principal} = L_{total} \times 6 \times F_{desperdicio}$$

$$A_{principal} = 196.03m \times 6 \times 1.03$$

$$A_{principal} = 1,211.5 m \times 2.2 = 2,665.3 lb$$

No. De varillas $\frac{1}{2}$ " por qq = 4 v de 12m de longitud

$$A_{principal} \approx 27 qq \approx 108 varilla$$

3.1.9. Cálculo de cantidad de AA con empalme mecánico

Alambre de Amarre: $A_A = 5\% A_p \times F_D$

$$A_A = 5\% 27qq \times 1.1$$

$$A_A = 149 lb$$

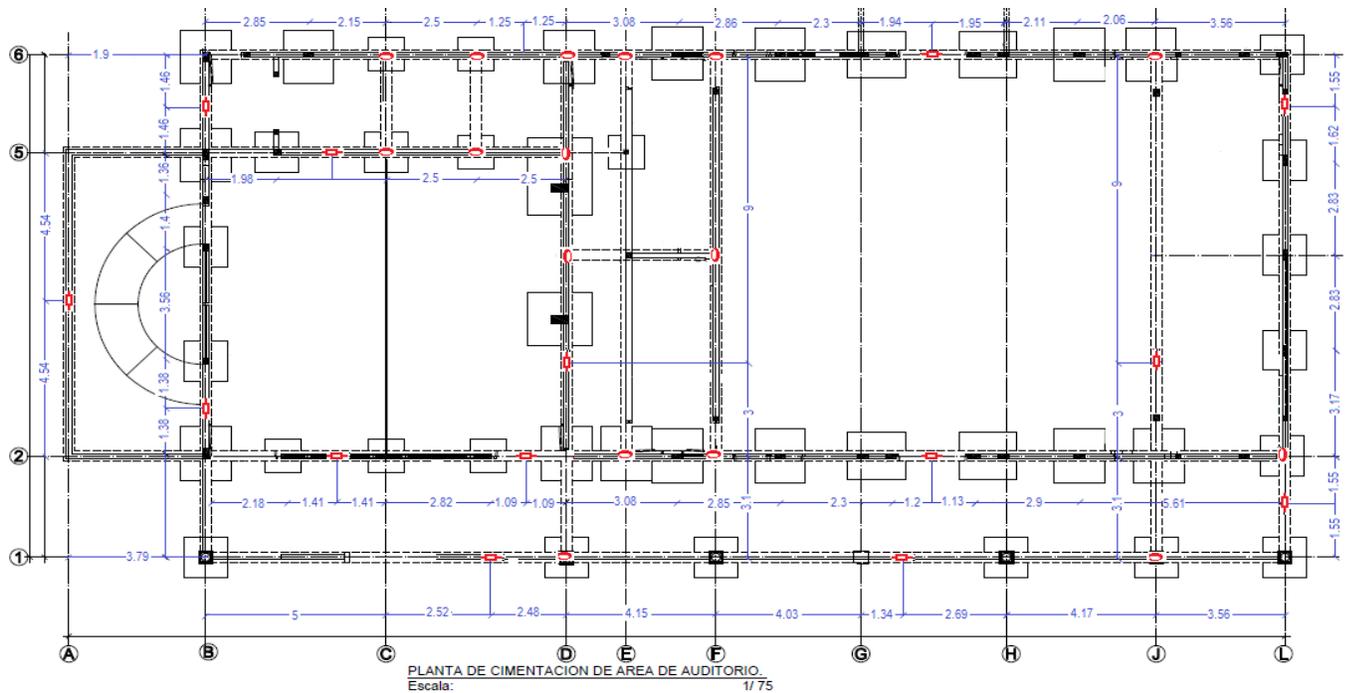


Figura 21. Ubicación de empalmes mecánicos lock y terminator, según plano

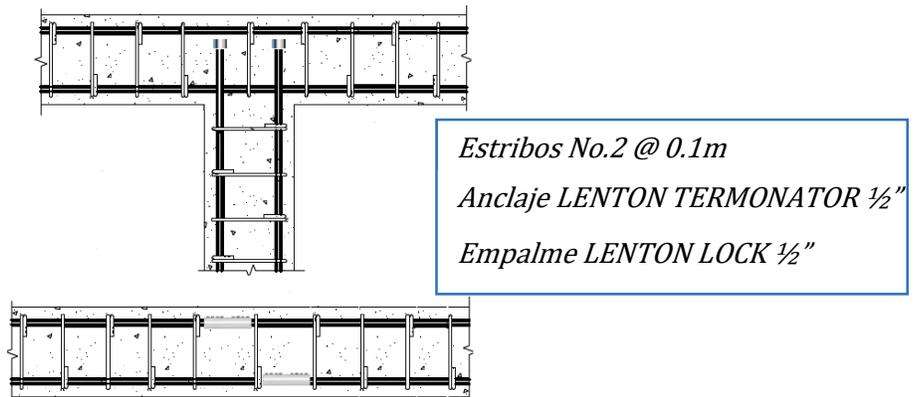


Figura 22. Detalle de empalme mecánico lock y anclaje terminator de Viga Asísmica

3.1.10. Cálculo de cantidad de estribos con empalmes mecánicos.

$No. uniones \times 5 \text{ estribos} = \text{Cantidad de estribos cada } 5 \text{ cm}$

$$133 \times 5 \text{ estribos} = 665 \text{ est}$$

$(L. total - L. uniones) / 0.1 = \text{Cantidad de estribos cada } 10 \text{ cm}$

$$(196.03\text{m} - 26.6\text{m}) / 0.1\text{m} = 1,695 \text{ est}$$

$Total \text{ estribos} = 1,695 + 665 = 2,360 \text{ estribos}$

$$L_D = (0.14\text{m} \times 2) + (0.24\text{m} \times 2) + (2 \times (10 \times 0.00635\text{m}))$$

$$L_D = 0.887 \text{ m}$$

$$Total = No. \text{ est} \times L_{Desarrollo} \times F_{Desperdicio}$$

$$Total = 2,360 \times 0.887 \times 1.02 = 2,136 \text{ m} \times 0.55 = 1,175 \text{ lb} \approx 12 \text{ qq}$$

$$Total \text{ Estribos} = 12 \text{ qq}$$

3.1.11. Cantidad de empalmes mecánicos.

a) *Empalme lock* = $15 \times 6 = 90 \text{ unidades}$

$$1 \text{ unidad} = 1.3 \text{ lb} \times 90 = 117 \text{ lb} \approx 1.5 \text{ qq}$$

b) *Empalme terminator* = $16 \times 6 = 96 \text{ unidades}$

$$1 \text{ unidad} = 0.3 \text{ lb} \times 96 = 29 \text{ lb} \approx 0.5$$

Los precios de los empalmes mecánicos fueron facilitados por la empresa FMAX ubicada en Colombia, se debe señalar que el precio de aduana fue asumido.

Manguito de acero para empalme mecánico LOCK en barras corrugadas de 12 mm de diámetro.						
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial	
1		Materiales				
mt07eed010b	unidad	Manguito de acero bajo en carbono, para empalme mecánico de barras de acero corrugado de 12 mm de diámetro, que permite la unión entre secciones	1.000	C\$ 15.30	C\$	15.30
		No. Piezas por qq = 77 manguitos	Subtotal materiales:		C\$	15.30
	unidad	Envío 25% pieza	1.000		C\$	3.83
		Sub-total por pieza			C\$	19.13
		Sub-total por qq			C\$	1,472.63
		Aduana 25%			C\$	368.16
					TOTAL por qq	C\$ 1,840.78

Tabla 8. Precio de Empalme mecánico LOCK por qq

Manguito de acero para anclaje mecánico TERMINATOR en barras corrugadas de 12 mm de diámetro.						
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial	
1		Materiales				
mt07eed010b	unidad	Manguito de acero bajo en carbono, para empalme mecánico de barras de acero corrugado de 12 mm de diámetro, que permite uniones entre secciones	1.000	C\$ 2.93	C\$	2.93
		No. Piezas por qq = 330 manguitos	Subtotal materiales:		C\$	2.93
	unidad	Envío 25% pieza	1.000		C\$	0.73
		Sub-total por pieza			C\$	3.66
		Sub-total por qq			C\$	1,208.63
		Aduana 25%			C\$	302.16
					TOTAL por qq	C\$ 1,510.78

Tabla 9. Precio de anclaje mecánico TERMINATOR por qq

- Resumen de Presupuesto para materiales de viga asismica utilizando empalmes mecánicos

Materiales	U/M	Cantidad	Precio C\$	Total
*Varilla corrugada acero no.4	qq	27.00	C\$ 1,100.00	C\$ 29,700.00
**Varilla lisa de acero no.2	qq	12.00	C\$ 900.00	C\$ 10,800.00
Alambre de amarre calibre 18	lb	149.00	C\$ 20.00	C\$ 2,980.00
			Sub-total	C\$ 43,480.00
*Longitud de varilla no.4 = 12m			IVA 15%	C\$ 6,522.00
**Longitud de varilla no. 2 = 6m			Total	C\$ 50,002.00
Transporte	15% material			C\$ 7,500.30
Empalme mecánico LOCK 1/2"	Qq	1.50	C\$ 1,840.78	C\$ 2,761.17
Empalme para anclaje TERMINATOR	qq	0.50	C\$ 1,510.78	C\$ 755.39
			Total	C\$ 3,516.56
			TOTAL	C\$ 61,018.86

Tabla 10. Precio de Materiales para V-A con refuerzo de 1/2" con empalme mecánico

3.1.12. Mano de Obra utilizando empalmes mecánicos

- Resumen de Rendimiento Horario y tiempo total de ejecución de armado de viga asumiendo un aumento de 35% en RH

Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	N.R.H.	Tiempo (hrs.)	Tiempo (días)	No. Hombres por actividad	Tiempo total (días)
Alistar acero no.4 para viga	kg	1,212.00	38.8935	31.16	3.90	3.00	1.30
Alistar estribos acero no.2 para viga	kg	534.00	58.3335	9.15	1.14	3.00	0.38
Armar acero no.4 para viga	kg	1,212.00	38.88	31.17	3.90	4.00	0.97
Anclaje acero no.4 para viga	c/u	16.00	11.367	1.41	0.18	1.00	0.18
Colocar acero no.4 para viga	Kg	1,813.00	29.1735	62.15	7.77	4.00	1.94
Cortar alambre recosido no.18	Qq	2.00				TOTAL	4.60

Tabla 11. Rendimiento Horario de armadores.

- Resumen de salario de trabajadores con empalmes mecánicos.

ARMADURIA		
Salario por Unidad de Tiempo (horas)	Oficial	Ayudante
Precio por hora C\$	C\$ 41.50	C\$ 37.20
Días de Ejecución	5.00	5.00
Horas Laborales	40.00	40.00
No. De trabajadores	3.00	5.00
Salario por trabajador	C\$ 1,660.00	C\$ 1,488.00
Sub-Total	C\$ 4,980.00	C\$ 7,440.00
Total Salario de Trabajadores		C\$ 12,420.00

Tabla 12. Salario de trabajadores

3.1.13 Presupuesto utilizando empalmes mecánicos

Concepto	Unidad	Costos Unitarios				Costos Totales				
		Cantidad	Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. unitario	Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. total
ARMADURIA										
Viga Asismica	kg	1,880.00	C\$ 28.47	C\$ 6.69	C\$ 3.99	C\$ 39.06	C\$ 53,518.56	C\$12,420.00	C\$ 7,500.30	C\$ 73,438.86

Tabla 13. Presupuesto para refuerzo de viga asismica utilizando empalme mecánico.

3.2. COMPARACIÓN ENTRE EMPALME SOLDADO Y EMPALME MECÁNICO

Para esta comparación se tomó la viga asísmica de un edificio existente de 797 m de perímetro ubicado en Managua que consta de 2 planta y es utilizado para oficinas. La sección esta reforzada con varilla corrugada No.8 A-706 grado 60 de 12m de longitud y estribos No. 3 según detalle estructural. Para realizar el empalme se utilizó soldadura 60-11. Sólo se analizará el acero de refuerzo de dicha sección.

3.2.1. Especificaciones Técnicas de Viga Asismica

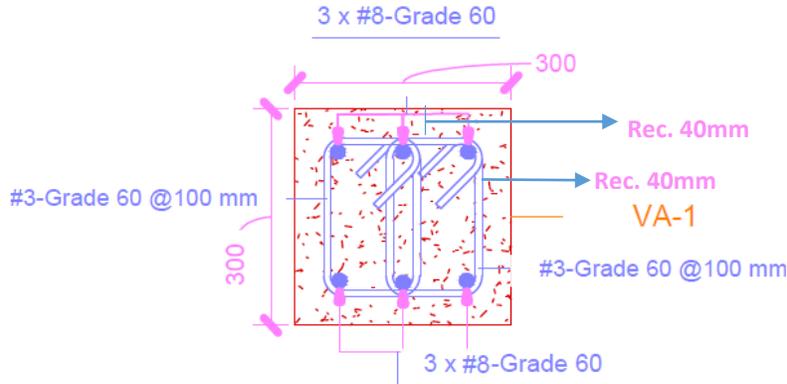


Figura 23. Detalle estructural de Viga Asísmica, según plano

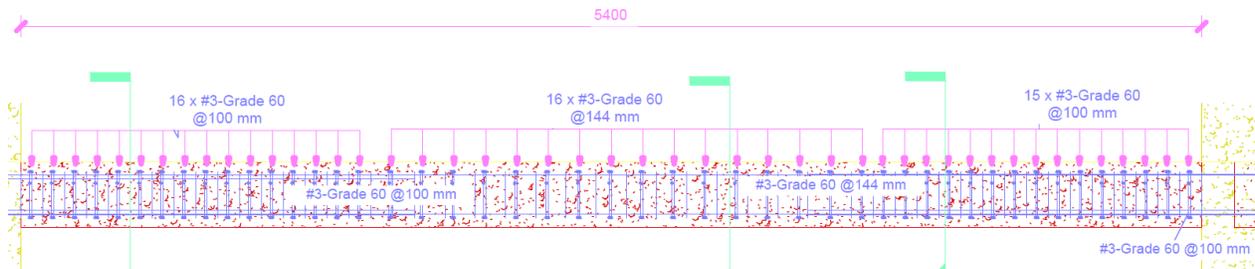


Figura 24. Detalle de traslape y anclaje de Viga asísmica con empalmes mecánicos

3.2.2. Cálculo de cantidad de acero de refuerzo utilizando empalme soldado

$$A_{principal} = L_t + (No.Tr \times L.Tr) + (No.anclajes \times L.anclajes) \times 6 \times F_d$$

$$A_{principal} = 797.4m + (66 \times 0.305m) + (42 \times 0.762m) \times 6 \times 1.03$$

$$A_p = 5,251 m \times 9 = 47,259 lb$$

No. De varillas 1" por qq = 1v de 12m de longitud

$$\approx 473 qq \approx 473 \text{ varillas}$$

3.2.3. Cálculo de cantidad de estribos

Primeros 15 cada 10 cm el resto cada 14 cm:

$$No.uniones \times 15 \text{ estribos} = \text{Cantidad de estribos cada 10 cm}$$

$$278 \times 15 \text{ estribos} = 4,170 \text{ est}$$

$$(L.total - L.uniones)/0.1 = \text{Cantidad de estribos cada 14 cm}$$

$$(797.4m - 389.2m)/0.1m = 2,916 \text{ est}$$

$$\text{Total estribos} = 2,916 + 4,170 = 7,086 \times 2 = 14,172 \text{ estribos}$$

$$L_{Desarrollo} = (0.14 \times 2m) + (0.22 \times 2) + (2 \times (10 \times 0.0095m))$$

$$L_{Desarrollo} = 0.91 m$$

$$\text{Total} = No.est \times L_{Desarrollo} \times F_{Desperdicio}$$

$$\text{Total} = (14,172 \times 0.91 \times 1.02) = 13,155m \times 1.23 = 16,180 lb \approx 162qq$$

$$\text{Total Estribos} = 162 qq$$

3.2.4. Cálculo de cantidad de AA

$$\text{Alambre de Amarre: } A_A = 5\% A_p \times F_D$$

$$A_A = 5\% 473 qq \times 1.1$$

$$A_A = 2,602 lb$$

3.2.5. Soldadura

$$\text{Soldadura} = 130 lb \longrightarrow \text{Según datos proporcionado por soldador}$$

- Resumen de Presupuesto para materiales de viga asismica utilizando empalmes soldados.

Materiales	U/M	Cantidad	Precio C\$	Total
*Varilla corrugada acero no.8	qq	473.00	C\$ 560.00	C\$ 264,880.00
**Varilla corrugada de acero no.3	qq	162.00	C\$ 1,080.00	C\$ 174,960.00
Alambre de amarre calibre 18	lb	2,602.00	C\$ 20.00	C\$ 52,040.00
Electrodo 6011, 1/8"	lb	130	C\$ 60.00	C\$ 7,800.00
			Sub-total	C\$ 499,680.00
*Longitud de varilla no.8 = 12m			IVA 15%	C\$ 74,952.00
**Longitud de varilla no.3 = 6m			Total	C\$ 574,632.00
Transporte	15% material			C\$ 56,566.20
			TOTAL	C\$ 631,198.20

Tabla 14. Precio de Materiales para V-A con refuerzo de 1" con empalmes soldados

3.2.6. Mano de Obra

- Resumen de Rendimiento Horario y tiempo total de ejecución de armado de viga

Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	N.R.H.	Tiempo (hrs.)	Tiempo (días)	No. Hombres por actividad	Tiempo total (días)
Alistar acero no.8 para viga	kg	21,481.00	60	358.02	44.75	10.00	4.48
Alistar estribos acero no.3 para viga	kg	7,354.00	43.21	170.19	21.27	10.00	2.13
Armar acero no.8 para viga	kg	21,481.40	60	358.02	44.75	13.00	3.44
Anclaje acero no.8 para viga	c/u	40.00	2.39	16.74	2.09	5.00	0.42
Colocar acero no.8 para viga	kg	30,071.40	45	668.25	83.53	15.00	5.57
Cortar alambre recosido no.18	qq	26.02				TOTAL	15.61

Tabla 15. Rendimiento Horario para armadores utilizando empalme soldados

- Resumen de Salario por hora y total de mano de obra para armadura de viga.

ARMADURIA		
Salario por Unidad de Tiempo (horas)	Oficial	Ayudante
Precio por hora C\$	C\$ 41.50	C\$ 37.20
Dias de Ejecución	16.00	16.00
Horas Laborales	128.00	128.00
No. De trabajadores	6.00	9.00
Salario por trabajador	C\$ 5,312.00	C\$ 4,761.60
Sub-Total	C\$ 31,872.00	C\$ 42,854.40
Total Salario de Trabajadores		C\$ 74,726.40

Tabla 16. Salario de Armadores

Sub contrato de Soldadura

– Resumen de Rendimiento Horario y tiempo total de ejecución en soldado de varillas

Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	N.R.H.	Tiempo (hrs.)	Tiempo (días)	No. Hombres por actividad	Tiempo total (días)
Soldar empalmes varilla no.8 para viga	kg	21,481.40	123.75	173.59	21.70	4.00	5.42
Acabado de soldadura varilla n°8	plg	5,832.00	42.35	137.71	17.21	4.00	4.30
						TOTAL	9.73

Tabla 17. Rendimiento de soldadores

Precio de Mano de obra por soldadura C\$10 por lb
TOTAL C\$ 660,410.00

3.2.7. Presupuesto utilizando empalmes soldados

Concepto	Unidad	Cantidad	Costos Unitarios			Costos Totales				
			Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. unitario	Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. total
ARMADURIA										
Viga Asismica	kg	30,018.64	C\$ 28.24	C\$ 2.49	C\$ 3.64	C\$ 30.41	C\$728,847.00	C\$ 74,726.40	C\$109,327.05	C\$ 912,900.45
Sub-contrato										C\$ 660,410.00
									TOTAL	1,573,310.45

Tabla 18. Presupuesto de refuerzo en viga asismica utilizando empalmes soldados

3.2.8. Cálculo de cantidad de acero de refuerzo utilizando empalme mecánico

$$A_{principal} = L_{total} \times 6 \times F_{desperdicio}$$

$$A_{principal} = 797.4m \times 6 \times 1.03$$

$$A_{principal} = 4,928 m \times 9 = 44,352 lb$$

$$No. De varillas 1" por qq = 1v de 12m de longitud$$

$$\approx 444 qq \approx 444 varillas$$

3.2.9. Cálculo de cantidad de AA con empalme mecánico

$$\text{Alambre de Amarre: } A_A = 5\% A_p \times F_D$$

$$A_A = 5\% 444 \times 1.1$$

$$A_A = 2,44$$

3.2.10. Cálculo de cantidad de estribos con empalmes mecánicos

Primeros 15 cada 10 cm el resto cada 14 cm:

$$\text{No. uniones} \times 15 \text{ estribos} = \text{Cantidad de estribos cada 10 cm}$$

$$278 \times 15 \text{ estribos} = 4,170 \text{ est}$$

$$(L. \text{total} - L. \text{uniones}) / 0.1 = \text{Cantidad de estribos cada 14 cm}$$

$$(797.4m - 389.2m) / 0.1m = 2,916 \text{ est}$$

$$\text{Total estribos} = 2,916 + 4,170 = 7,086 \times 2 = 14,172 \text{ estribos}$$

$$L_{\text{Desarrollo}} = (0.14 \times 2m) + (0.22 \times 2) + (2 \times (10 \times 0.0095m))$$

$$L_{\text{Desarrollo}} = 0.91 \text{ m}$$

$$\text{Total} = \text{No. est} \times L_{\text{Desarrollo}} \times F_{\text{Desperdicio}}$$

$$\text{Total} = (14,172 \times 0.91 \times 1.02) = 13,155m \times 1.23 = 16,180 \text{ lb} \approx 162qq$$

$$\text{Total Estribos} = 162 \text{ qq}$$

3.2.11. Cantidad de empalmes mecánicos

$$\text{Empalme lock} = 70 \times 6 = 420 \text{ unidades}$$

$$1 \text{ unidad} = 7.4 \text{ lb} \times 420 = 3108 \text{ lb} \approx 31.5 \text{ qq}$$

$$\text{Empalme terminator} = 40 \times 6 = 240 \text{ unidades}$$

$$1 \text{ unidad} = 1.5 \text{ lb} \times 240 = 360 \text{ lb} \approx 4 \text{ qq}$$

Manguito de acero para anclaje mecánico LOCK en barras corrugadas de 25 mm de diámetro.							
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario		Valor parcial	
1		Materiales					
mt07eed010b	unidad	Manguito de acero bajo en carbono, para empalme mecánico de barras de acero corrugado de 25 mm de diámetro, que permite uniones entre secciones	1.000	C\$	45.02	C\$	45.02
		No. Piezas por qq = 13 manguitos	Subtotal materiales:			C\$	45.02
	unidad	Envío 25% pieza	1.000			C\$	11.26
		Sub-total por pieza				C\$	56.28
		Sub-total por qq				C\$	731.58
		Aduana 25%				C\$	182.89
				TOTAL por qq		C\$	914.47

Tabla 19. Precio de empalme mecánico LOCK por qq.

Manguito de acero para anclaje mecánico TERMINATOR en barras corrugadas de 25 mm de diámetro.						
Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial	
1		Materiales				
mt07eed010b	unidad	Manguito de acero bajo en carbono, para empalme mecánico de barras de acero corrugado de 25 mm de diámetro, que permite uniones entre secciones	1.000	C\$ 8.79	C\$	8.79
		No. Piezas por qq = 67 manguitos	Subtotal materiales:		C\$	8.79
	unidad	Envío 25% pieza	1.000		C\$	2.20
		Sub-total por pieza			C\$	10.99
		Sub-total por qq			C\$	736.16
		Aduana 25%			C\$	184.04
TOTAL por qq					C\$	920.20

Tabla 20. Precio de empalme mecánico TERMINATOR por qq

- Resumen de Presupuesto para materiales de viga asismica utilizando empalmes mecánicos

Materiales	U/M	Cantidad	Precio C\$	Total
*Varilla corrugada acero no.8	qq	444.00	C\$ 560.00	C\$ 248,640.00
**Varilla corrugada de acero no.3	qq	162.00	C\$ 1,080.00	C\$ 174,960.00
Alambre de amarre calibre 18	lb	2,442.00	C\$ 20.00	C\$ 48,840.00
			Sub-total	C\$ 472,440.00
			IVA 15%	C\$ 70,866.00
			Total	C\$ 543,306.00
Transporte	15% material			C\$ 81,495.90
Empalme mecánico LOCK 1/2"	qq	31.50	C\$ 914.47	C\$ 28,805.81
Empalme para anclaje TERMINATOR	qq	4.00	C\$ 920.20	C\$ 3,680.80
			Total	C\$ 32,486.61
			TOTAL	C\$ 657,288.51

Tabla 21. Precio de Materiales para V-A con refuerzo de 1" con empalme mecánico

3.2.12. Mano de obra utilizando empalmes mecánicos

Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	N.R.H.	Tiempo (hrs.)	Tiempo (días)	No. Hombres por actividad	Tiempo total (días)
Alistar acero no.8 para viga	Kg	20,160.00	81	248.89	31.11	10.00	3.11
Alistar estribos acero no.3 para viga	Kg	7,354.00	58.3335	126.07	15.76	10.00	1.58
Armar acero no.8 para viga	Kg	20,160.00	81	248.89	31.11	13.00	2.39
Anclaje acero no.8 para viga	c/u	40.00	3.2265	12.40	1.55	5.00	0.31
Colocar acero no.8 para viga	Kg	28,624.00	60.75	471.18	58.90	15.00	3.93
Cortar alambre recosido no.18	Qq	24.50				TOTAL	11.01

Tabla 22. Rendimiento horario de armadores utilizando empalmes mecánicos

– Resumen de Salario por hora y total de mano de obra para armadura de viga.

ARMADURIA		
Salario por Unidad de Tiempo (horas)	Oficial	Ayudante
Precio por hora C\$	C\$ 41.50	C\$ 37.20
Días de Ejecución	11.00	11.00
Horas Laborales	88.00	88.00
No. De trabajadores	6.00	9.00
Salario por trabajador	C\$ 3,652.00	C\$ 3,273.60
Sub-Total	C\$ 21,912.00	C\$ 29,462.40
Total Salario de Trabajadores		C\$ 51,374.40

Tabla 23. Salario de Trabajadores utilizando empalmes mecánicos

3.2.13. Presupuesto utilizando empalmes mecánicos

Concepto	Unidad	Costos Unitarios				Costos Totales				C. total
		Cantidad	Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. unitario	Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	
ARMADURIA										
Viga Asismica	kg	30,200.90	C\$ 19.07	C\$ 1.70	C\$ 2.70	C\$ 23.46	C\$ 575,792.61	C\$ 51,374.40	C\$ 81,495.90	C\$ 708,642.91

Tabla 24. Presupuesto de refuerzo en viga asismica utilizando empalmes mecánicos

3.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE EMPALMES MECANICOS

3.3.1. Ventajas

- Los sistemas mecánicos son más fiables de los sistemas de traslape por no depender del concreto para transferir las cargas.
- Los empalmes mecánicos ofrecen una integridad estructural mayor. Las conexiones mecánicas ofrecen resistencia y solidez en caso de eventos sísmicos, naturales o de otro tipo.
- Los códigos piden que los empalmes mecánicos den prestaciones superiores de un solape realizado con las típicas dimensiones de diseño. La capacidad de un empalme mecánico es típicamente del 125% al 150% mayor de la de un solape.
- La conexión por solape aumenta la congestión de las barras de refuerzo en la zona de solape y esta es una de las razones principales de la creación de huecos en el concreto. Los empalmes mecánicos eliminan estos problemas de congestión y permiten realizar un trabajo más eficaz con mínimos problemas en la obra.
- En el caso en que se trabaje con barras de diámetro pequeño se necesitan secciones más grandes para que un número mayor de barras pueda caber. Con

los empalmes mecánicos se pueden realizar columnas más delgadas con barras de diámetro mayor sin que se creen problemas de congestión. El tamaño más contenido de las columnas realiza un diseño más eficaz y una superficie comercial más ancha.

- Los empalmes mecánicos eliminan calculaciones de traslapes.
- Los empalmes mecánicos son rápidos y fáciles en su instalación y no necesitan mano de obra especializada.
- Los empalmes mecánicos realizan un óptimo balance costo / eficacia, por reducir el coste de instalación y acelerar los programas de trabajo.
- La aplicación para eliminar las barras en espera reduce el trabajo y aumenta la seguridad en la obra.
- El elemento terminador elimina la congestión y rinde más fácil la puesta en obra.

3.3.2. Desventajas

- Se tiene que importar de los países más cercanos como Colombia, Mexico o Estados Unidos.
- Se requiere importar las herramientas y maquinarias necesarias para la colocación y elaboración de roscas en los extremos de varillas.

3.4. ENSAYO REALIZADO POR UNIVERSIDAD DE CHILE COMPARANDO TIPOS DE EMPALMES

Esta tesis presenta los resultados de una investigación que consistió en la fabricación y posterior ensayo de probetas de concreto armado sometidas a tracción, cuya característica principal es que todas las armaduras en la probeta presentan algún tipo de empalme.

Las vigas fueron sometidas a tracción en ensayos a esfuerzo controlado realizados en la Máquina Universal de Ensayo de Materiales, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral de Chile, posteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

- Para las probetas con empalmes traslapados en sus armaduras (4 barras $\varnothing 6\text{mm}$. liso y tipo de acero A44-8H), se puede destacar que el rango de cargas máximas soportadas fluctuó entre los 400 y 520 kg. para su rotura, por la rápida pérdida de adherencia de las barras con el concreto y entre las barras del empalme. En este caso la adherencia mostrada entre las barras que componen los empalmes al estar solamente traslapadas no es lo suficiente, siendo el empalme en gran parte el responsable de la baja resistencia a las cargas de tracción. La carga soportada aumenta de forma lineal hasta llegar al punto donde cede el empalme y comienza

la disminución de la carga hasta llegar a la rotura de la probeta, sólo en estos ensayos se presenta este comportamiento.

- En el caso de las probetas con empalmes soldados (4 barras $\varnothing 6\text{mm}$. liso y tipo de acero A44-8H), los cuales fueron por solape excéntrico con 2cm. de soldadura en cada extremo del empalme; los resultados para la rotura estuvieron entre los 495 y 635 kg, cabe destacar que la rotura en estos ensayos se presentó en el doblez que se le fabricó a las armaduras en los extremos de las probetas, por lo que los resultados no reflejan muy bien el comportamiento de los empalmes. Sin embargo, la carga soportada hasta antes de la rotura de las armaduras ya superaba alrededor de un 20% a las cargas soportadas por los empalmes traslapados, pudiendo esta diferencia ser aún mayor. Por esta razón, y a pesar de ser menos utilizados por los Ingenieros debido a las posibles modificaciones de las propiedades mecánicas de la barra por la temperatura de soldado y sus limitaciones para ciertas dimensiones de barras, se puede decir que los empalmes soldados están capacitados para soportar cargas de tracción menores.
- Los ejemplares de los ensayos empalmados utilizando los sistemas mecánicos Lenton rosca cónica y Lenton quick-wedge (4 barras $\varnothing 12\text{mm}$. estriado y tipo de acero A63-42H), mostraron una gran resistencia a la tracción, existiendo una diferencia notable con los ensayos anteriores. El empalme Quick-wedge presentó una falla a 9,600 kg. y alcanzó una carga de 12,500 kg. Este empalme no está diseñado para ser utilizado en tracción pura, sin embargo, los resultados reflejaron que su capacidad de resistencia a la tracción es bastante considerable, alcanzando casi un 65% de la fluencia de la barra. En el caso del empalme con rosca cónica, llegó a soportar una carga de 13.400 kg alcanzando casi un 70% del fy de la barra sin mostrar ningún tipo de falla a nivel estructural de la probeta.

En ambos casos, estos resultados pudieron ser aún mayores si no se presenta la rotura de la pieza metálica que soportaba las probetas. Se debe considerar además, que en esta investigación se utilizaron las condiciones más desfavorables, como empalmar todas las barras de la probeta y ubicar estos en la zona de mayor esfuerzo sin usar el escalonamiento entre empalmes exigido por las normas. Esto modificaría de forma positiva los resultados, posiblemente incrementando la capacidad de carga de las probetas, y por lo tanto, la resistencia de un elemento estructural sometido a tracción.

CAPITULO IV: INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. Descripción de los diferentes tipos de empalmes de barras de acero.

Los empalmes en el refuerzo para el concreto armado deberán hacerse únicamente cuando se requiera, además deberán mostrarse y detallarse en el plano no deben colocarse en los puntos de máximos esfuerzos en el elemento y pueden emplearse mediante traslapes, soldaduras o dispositivos mecánicos

4.1.1. Empalme por traslape.

a) Empalme de varillas corrugadas sujetas a tensión.

Los traslape no deben usarse para varilla mayores de 1”

Los empalmes en varillas sujetos a tensión se clasifican en A y B pero no menor de 30cm.

Empalme Clase A.....1.0 l_d

Empalme Clase B.....1,3 l_d

b) Empalme de varillas corrugadas sujetas a compresión.

Los empalmes a compresión trabajan bajo condiciones más favorables por lo que requiere una mayor longitud. La longitud mínima será la longitud de desarrollo calculada en el c del artículo 125 del RNC-07.

4.1.2. Empalmes por soldaduras.

El empalme soldado deben ser a tope o solape, para desarrollar en tensión por los menos un 125% f_y de resistencia a la fluencia de la varilla especificada,. Los empalmes deben estar escalonados cada 60cm, se usan para empalmar varillas de diámetro 1” o mayores según el RNC-07. Se requiere personal calificado y herramientas de seguridad.

4.1.3. Empalmes mecánicos.

Los dispositivos mecánicos desarrollan en tensión o compresión según se requiera un 125% de la resistencia de la fluencia f_y de la varilla. Los conectores transfieren los esfuerzos directamente de una varilla a otra sin depender de la adherencia con el concreto.

Los empalmes mecánicos en compresión deben desarrollar 125% f_y de la varilla, el empalme mecánico en tracción debe desarrollar un esfuerzo igual a la carga de ruptura de

la varilla (100%). Su posición requiere un escalonamiento a cada 600mm y deben cumplir con los requisitos ACI-318 artículo 12.14.3.2. o 12.14.3.4.

4.2. Análisis comparativo de empalmes en cuanto a economía.

4.2.1. Empalmes por Traslape y mecánicos

5. Materiales por empalme de traslape en refuerzo de ½”

Materiales	U/M	Cantidad	Precio C\$	Total
*Varilla corrugada acero no.4	qq	30.50	C\$ 1,100.00	C\$ 33,550.00
**Varilla lisa de acero no.2	qq	12.50	C\$ 900.00	C\$ 11,250.00
Alambre de amarre calibre 18	lb	168.00	C\$ 20.00	C\$ 3,360.00
			Sub-total	C\$ 48,160.00
*Longitud de varilla no.4 = 12m			IVA 15%	C\$ 7,224.00
**Longitud de varilla no.2 = 6m			Total	C\$ 55,384.00
Transporte	15 %material			C\$ 11,076.80
			TOTAL	C\$ 66,460.80

6. Materiales por empalme mecánico en refuerzo de ½”

Materiales	U/M	Cantidad	Precio C\$	Total
*Varilla corrugada acero no.4	qq	27.00	C\$ 1,100.00	C\$ 29,700.00
**Varilla lisa de acero no.2	qq	12.00	C\$ 900.00	C\$ 10,800.00
Alambre de amarre calibre 18	lb	149.00	C\$ 20.00	C\$ 2,980.00
			Sub-total	C\$ 43,480.00
*Longitud de varilla no.4 = 12m			IVA 15%	C\$ 6,522.00
**Longitud de varilla no. 2 = 6m			Total	C\$ 50,002.00
Transporte	15% material			C\$ 7,500.30
Empalme mecánico LOCK 1/2"	Qq	1.50	C\$ 1,840.78	C\$ 2,761.17
Empalme para anclaje TERMINATOR	qq	0.50	C\$ 1,510.78	C\$ 755.39
			Total	C\$ 3,516.56
			TOTAL	C\$ 61,018.86

A como se observa en las tablas anteriores, la disminución de los materiales es considerable, por lo que el uso de empalmes mecánicos resulta de gran beneficio para las construcciones civiles. Se puede observar que con el uso de empalmes por traslape se necesita un 24% más de acero. Además se demostró que existe un ahorro del 8.2 % de materiales utilizando esta tecnología.

– Rendimiento Horario y tiempo total de ejecución de armado de viga con traslape

Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	N.R.H.	Tiempo (hrs.)	Tiempo (días)	No. Hombres por actividad	Tiempo total (días)
Alistar acero no.4 para viga	kg	1,385.00	28.81	48.07	6.01	3.00	2.00
Alistar estribos acero no.2 para viga	kg	555.00	43.21	12.84	1.61	3.00	0.54
Armar acero no.4 para viga	kg	1,385.00	28.8	48.09	6.01	4.00	1.50
Anclaje acero no.4 para viga	c/u	16.00	8.42	1.90	0.24	1.00	0.24
Colocar acero no.4 para viga	kg	1,939.50	21.61	89.75	11.22	4.00	2.80
Cortar alambre recosido no.18	qq	2.00				TOTAL	6.85

– Rendimiento Horario y tiempo total de ejecución de armado de viga con empalme mecánico

Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	N.R.H.	Tiempo (hrs.)	Tiempo (días)	No. Hombres por actividad	Tiempo total (días)
Alistar acero no.4 para viga	kg	1,212.00	38.8935	31.16	3.90	3.00	1.30
Alistar estribos acero no.2 para viga	kg	534.00	58.3335	9.15	1.14	3.00	0.38
Armar acero no.4 para viga	kg	1,212.00	38.88	31.17	3.90	4.00	0.97
Anclaje acero no.4 para viga	c/u	16.00	11.367	1.41	0.18	1.00	0.18
Colocar acero no.4 para viga	Kg	1,813.00	29.1735	62.15	7.77	4.00	1.94
Cortar alambre recosido no.18	Qq	2.00				TOTAL	4.60

En cuanto a la administración del tiempo también se comprobó que utilizando empalmes mecánicos resulta un ahorro del 29% en días de ejecución, por lo que esto suma a su vez al ahorro total de la obra, ya que se logra la misma tarea, utilizando el mismo personal. Esta tabla también demuestra un aumento en el rendimiento horario, puesto que utilizando los empalmes mecánicos la tarea se logra en menos tiempo.

– Salario de trabajadores utilizando empalmes de traslape

ARMADURIA		
Salario por Unidad de Tiempo (horas)	Oficial	Ayudante
Precio por hora C\$	C\$ 41.50	C\$ 37.20
Días de Ejecución	7.00	7.00
Horas Laborales	56.00	56.00
No. De trabajadores	3.00	5.00
Salario por trabajador	C\$ 2,324.00	C\$ 2,083.20
Sub-Total	C\$ 6,972.00	C\$ 10,416.00
Total Salario de Trabajadores		C\$ 17,388.00

- Salario de trabajadores utilizando empalmes mecánicos.

ARMADURIA		
Salario por Unidad de Tiempo (horas)	Oficial	Ayudante
Precio por hora C\$	C\$ 41.50	C\$ 37.20
Días de Ejecución	5.00	5.00
Horas Laborales	40.00	40.00
No. De trabajadores	3.00	5.00
Salario por trabajador	C\$ 1,660.00	C\$ 1,488.00
Sub-Total	C\$ 4,980.00	C\$ 7,440.00
Total Salario de Trabajadores		C\$ 12,420.00

La tabla salarial demuestra que utilizando empalmes mecánicos se obtiene un ahorro del 29% ya que se redujeron los días laborados.

- Costo total del refuerzo de la V-A utilizando traslape

Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. total
C\$ 55,384.00	C\$ 17,388.00	C\$ 11,076.80	C\$ 83,848.80

- Costo total del refuerzo de la V-A utilizando empalme mecánico

Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. total
C\$ 53,518.56	C\$12,420.00	C\$ 7,500.30	C\$ 73,438.86

Esta tabla muestra la reducción total que brindan los dispositivos mecánicos para las construcciones, se observa que el uso de estos permitió un ahorro en cada uno de los parámetros analizados dando como resultado una disminución en el Costo total del 13% con dichos empalmes en el presupuesto para V-A.

4.2.2. Empalmes por Soldadura y mecánicos

5. Materiales por empalme soldado en refuerzo de 1"

Materiales	U/M	Cantidad	Precio C\$	Total
*Varilla corrugada acero no.8	qq	473.00	C\$ 560.00	C\$ 264,880.00
**Varilla corrugada de acero no.3	qq	162.00	C\$ 1,080.00	C\$ 174,960.00
Alambre de amarre calibre 18	lb	2,602.00	C\$ 20.00	C\$ 52,040.00
Electrodo 6011, 1/8"	lb	130	C\$ 60.00	C\$ 7,800.00
			Sub-total	C\$ 499,680.00
*Longitud de varilla no.8 = 12m			IVA 15%	C\$ 74,952.00
**Longitud de varilla no.3 = 6m			Total	C\$ 574,632.00
Transporte	15% material			C\$ 56,566.20
			TOTAL	C\$ 631,198.20

6. Materiales por empalme mecánico en refuerzo de 1"

Materiales	U/M	Cantidad	Precio C\$	Total
*Varilla corrugada acero no.8	qq	444.00	C\$ 560.00	C\$ 248,640.00
**Varilla corrugada de acero no.3	qq	162.00	C\$ 1,080.00	C\$ 174,960.00
Alambre de amarre calibre 18	lb	2,442.00	C\$ 20.00	C\$ 48,840.00
			Sub-total	C\$ 472,440.00
			IVA 15%	C\$ 70,866.00
			Total	C\$ 543,306.00
Transporte	15% material			C\$ 81,495.90
Empalme mecánico LOCK 1/2"	qq	31.50	C\$ 914.47	C\$ 28,805.81
Empalme para anclaje TERMINATOR	qq	4.00	C\$ 920.20	C\$ 3,680.80
			Total	C\$ 32,486.61
			TOTAL	C\$ 657,288.51

Aquí se presenta el análisis económico para los materiales utilizados en la V-A con refuerzo de 1", observándose un aumento sustancial del 4% debido a que la importación de los empalmes costó C\$ 32,486.61 adicionales a la obra.

– Rendimiento Horario y tiempo total de ejecución de armado de viga con soldadura

Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	N.R.H.	Tiempo (hrs.)	Tiempo (días)	No. Hombres por actividad	Tiempo total (días)
Alistar acero no.8 para viga	kg	21,481.00	60	358.02	44.75	10.00	4.48
Alistar estribos acero no.3 para viga	kg	7,354.00	43.21	170.19	21.27	10.00	2.13
Armar acero no.8 para viga	kg	21,481.40	60	358.02	44.75	13.00	3.44
Anclaje acero no.8 para viga	c/u	40.00	2.39	16.74	2.09	5.00	0.42
Colocar acero no.8 para viga	kg	30,071.40	45	668.25	83.53	15.00	5.57
Cortar alambre recosido no.18	qq	26.02				TOTAL	15.61

- Rendimiento Horario y tiempo total de ejecución de armado de viga con empalme mecánico

Descripción de actividades	Unidad	Cantidad	N.R.H.	Tiempo (hrs.)	Tiempo (días)	No. Hombres por actividad	Tiempo total (días)
Alistar acero no.8 para viga	Kg	20,160.00	81	248.89	31.11	10.00	3.11
Alistar estribos acero no.3 para viga	Kg	7,354.00	58.3335	126.07	15.76	10.00	1.58
Armar acero no.8 para viga	Kg	20,160.00	81	248.89	31.11	13.00	2.39
Anclaje acero no.8 para viga	c/u	40.00	3.2265	12.40	1.55	5.00	0.31
Colocar acero no.8 para viga	Kg	28,624.00	60.75	471.18	58.90	15.00	3.93
Cortar alambre recosido no.18	Qq	24.50				TOTAL	11.01

De igual forma el uso de los dispositivos permitió una reducción cuantificable de 30% en tiempo de ejecución, debido a que se presentó un incremento del 35% en el rendimiento horario.

- Salario de trabajadores utilizando empalmes soldados

ARMADURIA		
Salario por Unidad de Tiempo (horas)	Oficial	Ayudante
Precio por hora C\$	C\$ 41.50	C\$ 37.20
Días de Ejecución	16.00	16.00
Horas Laborales	128.00	128.00
No. De trabajadores	6.00	9.00
Salario por trabajador	C\$ 5,312.00	C\$ 4,761.60
Sub-Total	C\$ 31,872.00	C\$ 42,854.40
Total Salario de Trabajadores		C\$ 74,726.40

- Salario de trabajadores utilizando empalmes mecánicos

ARMADURIA		
Salario por Unidad de Tiempo (horas)	Oficial	Ayudante
Precio por hora C\$	C\$ 41.50	C\$ 37.20
Días de Ejecución	11.00	11.00
Horas Laborales	88.00	88.00
No. De trabajadores	6.00	9.00
Salario por trabajador	C\$ 3,652.00	C\$ 3,273.60
Sub-Total	C\$ 21,912.00	C\$ 29,462.40
Total Salario de Trabajadores		C\$ 51,374.40

Se observa una reducción en mano de obra del 32 % al utilizar empalmes mecánicos lo que permite un ahorro en el costo final para armado de viga.

- Costo total del refuerzo de la V-A utilizando soldadura

Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. total
C\$728,847.00	C\$ 74,726.40	C\$109,327.05	C\$ 912,900.45
Sub-Contrato			C\$ 660,410.00
		TOTAL	1,573,310.45

- Costo total del refuerzo de la V-A utilizando empalme mecánico

Materiales	Mano de obra	Transp. y equipos	C. total
C\$ 575,792.61	C\$ 51,374.40	C\$ 81,495.90	C\$ 708,642.91

Estas tablas reflejan el ahorro considerable del 55% del costo de refuerzo de la viga, producto de la eliminación del subcontrato de soldadura por utilizar los empalmes mecánicos.

4.3. Ventajas y Desventajas del sistema de empalmes mecánicos obtenidas del análisis

4.3.1. Ventajas:

- El sistema de empalmes mecánicos ofrece una reducción en cantidad de acero de refuerzo, tiempo de ejecución y costo de mano de obra.
- Elimina el cálculo de longitudes de traslape y facilita el trabajo en la memoria de cálculo.
- Evita congestionamiento de varillas en determinadas secciones por lo que se hace más fácil comprender el detalle estructural.
- No es necesario contratar personal calificado como en soldadura.

4.3.2. Desventajas:

- Incremento en presupuesto para materiales por ser un producto traído de otros países.
- No existe en la tabla del FISE Rendimiento Horario donde se utilice empalmes mecánicos, por lo que se asumió.

CONCLUSIONES

Una de las desventajas que se presentan en las construcciones de concreto reforzado es la discontinuidad de la varilla lo cual afecta directamente la resistencia del elemento, a ello se le suma las complicaciones producto del congestionamiento de barras en determinadas secciones. Sin embargo como solución viable a esta problemática se comprobó que la utilización de empalmes ofrece una alternativa a estos problemas, pero se requiere conocer las descripciones y requerimientos de cada uno de los 3 tipos de empalmes existentes los cuales son por traslape, soldados y mecánicos, y así determinar el campo de aplicación y cuál de estos es más provechoso.

En cuanto a los empalmes por traslape pueden funcionar a tensión y compresión, a su vez, los sujetos a tensión se clasifican en tipo A y B, los cuales presentan una longitud de traslape diferente, misma que se rige por criterios del Reglamento Nacional de la Construcción, quien especifica que para los de tipo A se deberá aplicar el 1.0 Ld y 1.3 Ld para los de tipo B y así calcular dicha longitud de traslape.

Así mismo se presentan los empalmes soldados, los cuales necesitan 125%Fy de la varilla y deberán cumplir con un escalonamiento de 600 mm a como se especifica en dicho Reglamento, también se describen los empalmes mecánicos quienes deberán cumplir con 125% Fy y de igual forma un escalonamiento de 600 mm para cumplir con el Reglamento Internacional ACI-318.

Además se realizó una comparación económica entre el sistema de empalmes convencionales utilizado en la construcción y el sistema de dispositivos mecánicos donde se verificó que los empalmes mecánicos en el acero de refuerzo de las vigas estudiadas disminuyó el costo total en un 13% y 55% correspondiente a diámetros de ½ y 1" a pesar de las limitantes que presentan como lo es la importación de países más desarrollados en esta industria. Demostrando que a mayores diámetros el ahorro es mayor.

Finalmente se señalaron las ventajas y desventajas que se presentan al utilizar empalmes mecánicos entre las más importantes se pueden mencionar que se ahorra notablemente el tiempo de ejecución por ende; el costo de mano de obra, y facilita el trabajo del personal. También permite dar continuidad a la varilla ofreciendo un mayor porcentaje de resistencia en el empalme.

No obstante entre las limitaciones se puede afirmar que se eleva el costo de materiales debido a que se necesita importar el producto así como el equipo necesario para realizar los hilos a la varilla.

En suma se comprobó que los dispositivos mecánicos ofrecen una solución prometedora para las futuras edificaciones y crecimiento ingenieril de nuestro país.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayos de laboratorio para cuantificar y verificar la resistencia de los empalmes mecánicos.
- Elaborar guías de laboratorios que aborden la variedad de los empalmes mecánicos para organizar e incrementar las bases de datos ligados a la construcción en Nicaragua.
- Se deberá utilizar la metodología empleada por reglamentos internacionales para el uso de los dispositivos mecánicos.
- Utilizar empalmes mecánicos en refuerzo mayor de 1” de diámetro.
- Es recomendable cumplir con las especificaciones técnicas de cada unos de los diferentes empalmes mecánicos.
- Tomar en cuenta los precios de importación, ya que esto varía de acuerdo a su lugar de procedencia.
- Es necesario ampliar los sistemas constructivos con tecnologías que contribuyan al desarrollo y seguridad de nuestro país; y si existen materiales que ofrecen mayor garantía que otros a pesar de su incrementado costo, es aconsejable su estudio y verificar si en realidad proporcionan una ventaja o un gasto innecesario.

BIBLIOGRAFÍA

- American Institute Concret. (2008). *ACI-318S 08*.
- Camara Nicaraguense de la Construcción. (2016). *Convenio Colectivo de Nicaragua*. Managua.
- INDURA. (2006). *Electrodo manual para acero al carbono 6011*. Santiago, Chile.
- Meza, R. A. (2007). *Estudio Experimental de empalmes de armaduras en elementos de hormigon armado sometidos a tracción*. Santiago.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (1997). *Cartilla de Construcción*. Managua.
- Ministerio de Transporte e Infraestructura, MTI. (2007). *Reglamento Nacional de Construcción*. Managua, Nicaragua.
- Pentair. (2015). *LENTON LOCK B-SERIES*.
- pentair. (2015). *LENTON TEIMINEITOR*.
- PENTAIR. (2015). *Sistemas de barras mecanicos para barras de armadura*.
- Reglamento Nacional de la Construcción . (2007). *Ministerio de Transporte e Infraestructura,(MTI) 2007*. Managua.
- UNAM. (2006). *Acero de Refuerzo.Cuantificación, habilitado y colocación en obra*. Mexico.

ANEXOS

Tabla de Rendimiento Horario Según FISE

CODIGO	DESCRIPCION	U.M	NORMA DE TIEMPO HORARIA	NORMA DE RENDIMIENTO HORARIA	NORMA DE RENDIMIENTO (8 Hrs)	FUERZA DE TRABAJO
7020000	A R M A D U R I A Alistar, armar y colocar acero en vigas columnas, losas y muros, en aceros menor o igual al No. 4	kg	0.1157	8.64	69.12	1
	Alistar, armar y colocar aceros en vigas, columnas, losas y muros, en acero mayor al No. 4	kg	0.055	18.00	144	1
	Alistar, armar y colocar acero en zapatas y en acero menor o igual al No. 4.	kg	0.106	9.43	75.44	1
	Alistar, armar y colocar acero en zapatar y pedestales en acero mayor al No. 4	kg	0.0945	10.58	84.64	1
7020020	Bayonetas					
7020021	Hacer bayonetas en acero menor o igual al No. 4.	c/u	0.1019	9.81	78.48	1
7020022	Hacer bayonetas en acero mayor al No. 4	c/u	0.1213	8.24	65.92	1

CODIGO	DESCRIPCION	U.M	NORMA DE TIEMPO HORARIA	NORMA DE RENDIMIENTO HORARIA	NORMA DE RENDIMIENTO (8 Hrs)	FUERZA DE TRABAJO
7020050	ALISTAR CON ACERO MAYOR AL No.4					
7020051	Alistar acero en vigas y columnas	kg	0.0166	60.0	480	1
7020052	Alistar acero en zapatas y pedestales	kg	0.0283	35.26	282.08	1
7020053	Alistar acero en losas y muros	kg	0.0055	180.0	1440	1
7020060	ARMAR CON ACERO MENOR O IGUAL AL No.4					
	Armar acero en vigas y columnas	kg	0.034	28.80	230.48	1
	Armar acero en zapatas y pedestales	kg	0.0318	31.43	251.44	1
	Armar acero en losas y muros	kg	0.0578	17.28	138.28	1
	ARMAR CON ACERO MAYOR AL No. 4					
	Amar acero en vigas y columnas	kg	0.0166	60.0	480	1
7020072	Armar acero en zapatas y pedestales	kg	0.0283	35.26	282.08	1
7020073	Armar acero en losas y muros	kg	0.027	36.0	288	1
7020080	COLOCAR CON ACERO MENOR O GUAL AL No. 4.					
7020081	Colocar acero en vigas y columnas	kg	0.046	21.61	172.88	1
7020082	Colocar acero en zapatas y pedestales	kg	0.043	23.57	184.96	1
7020083	Colocar acero en losas y muros	kg	0.046	21.61	17.88	1
7020090	COLOCAR CON ACERO MAYOR AL No. 4					
7020091	Colocar acero en vigas y columnas	kg	0.0222	45.0	360	1
7020092	Colocar acero en zapatas y pedestales	kg	0.0378	26.45	211.6	1
7020093	Colocar acero en losas y muros	kg	0.0222	45.00	360	1

Implementación de Empalmes Mecánicos

CODIGO	DESCRIPCION	U.M	NORMA DE TIEMPO HORARIA	NORMA DE RENDIMIENTO HORARIA	NORMA DE RENDIMIENTO (8 Hrs)	FUERZA DE TRABAJO
7020030	ANCLAJES Especificación: Hacer anclajes de elementos estructurales terminados					
7020031	Hacer ancla en acero No. 3	c/u	0.090	11.04	88.32	1
	Hacer ancla en acero No. 4	c/u	0.118	8.42	67.36	1
	Hacer ancla en acero No. 5	c/u	0.153	6.53	52.24	1
	Hacer ancla en acero No. 6	c/u	0.198	5.04	40.32	1
	Hacer ancla en acero No. 7	c/u	0.378	2.64	21.12	1
	Hacer ancla en acero No. 8	c/u	0.418	2.39	19.12	1
7020040	E T A P A S Alistar con acero menor o gual al No. 4					
7020041	Alistar acero en vigas y columnas	kg	0.0347	28.81	230.48	1
7020042	Alistar acero en zapatas y pedestales	kg	0.0318	31.43	251.44	1
7020043	Alistar acero en losas y muros	kg	0.0115	86.43	691.44	1
7020044	Alistar acero en estribos	kg	0.0231	43.21	345.68	1