

**“Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia”**

**UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

UNIVERSIDAD PERUANA  
**DEL CENTRO**



**UPeCEN**

**TESIS**

**“LA INFLUENCIA DE EMPALMES TIPO B, EN EL  
COMPORTAMIENTO A TRACCIÓN DE ACERO DE  
REFUERZO, TENIENDO UNA LUZ ENTRE BARRAS EN LOS  
PILOTES P27, P28 Y TORRES DEL PUENTE NANAY,  
PROVINCIA DE IQUITOS, REGIÓN DE LORETO”**

**Para obtener el título profesional de  
INGENIERO CIVIL**

**Presentado por el bachiller:  
OSCO CASTILLÓN, SAMUEL VIRGILIO**

**Asesor:**

**DR. JOSÉ LUIS LEÓN UNTIVEROS  
ING. MIGUEL ÁNGEL PINADO SANTOS**

**HUANCAYO – PERÚ  
2021**

**MIEMBROS DEL JURADO**

---

**Dr. José Luis León Untiveros  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Miguel ángel Pinado Santos  
CIP:162339  
SECRETARIO**

---

**Lic. Juan Carlos Ureta Rojas  
VOCAL**

**ASESOR DE TESIS**

---

**Dr. José Luis León Untiveros**  
**ASESOR METODOLÓGICO**

---

**Ing. Miguel Ángel Pinado Santos**  
**ASESOR TEMÁTICO**

*En especial a mi esposa por creer en mí, a mis padres Julián Osco Javier y Facundina Castellón Quispe, que son mi fuerza de superación, a mis hermanos Elio, Emerson y Lucila por su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por las bendiciones que, hasta el momento colmo en mi vida, por su guía en cada momento de mi superación y fortaleza en aquellos tiempos de dificultad y de debilidad.

A mi esposa; Nigitza, por creer en mí y estar presente para cumplir con este trabajo.

A mis padres; Julián y Facundina, porque son el motivo de mi superación y estar presente en los momentos más preciados de mi vida, inculcándome valores, principios y consejos de ser buen ciudadano.

A todos mis familiares ya que, con sus oraciones, palabras de aliento y consejos hicieron de mí una persona mejor y de una u otra manera me acompañan en todas mis metas y sueños.

A la Universidad Peruana del Centro, Facultad de Ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Civil, por haber compartido los conocimientos y experiencias, que hoy puedo aplicar en mi localidad y país.

A mis asesores de Tesis, por su orientación, tiempo y guía en este trabajo de investigación.

Así como también a mis amigos y compañeros que dieron un granito de arena en el desarrollo de la presente investigación.

Con inmenso respeto

**SAMUEL VIRGILIO OSCO CASTILLÓN**

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA	i
DICTAMEN DE DECLARACIÓN DE EXPEDITO	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS	iv
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO	ix
ÍNDICE GENERAL	x
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	xv
LISTA DE TABLAS	xvi
LISTA DE GRÁFICOS	xvii
RESUMEN	xviii
SUMMARY	xx

### CAPÍTULO I.

#### I. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	22
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	25
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	25
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	25
1.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	25
1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	26
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	
1.5.1. OBJETIVO GENERAL .....	27

	xi
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	27
1.6. HIPÓTESIS .....	27
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	28
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	28

## CAPÍTULO II.

### II. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO FILOSÓFICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	30
2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	30
2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....	32
2.3. BASES TEÓRICAS .....	34
2.3.1. PROCESOS DE INSTALADO DE ACERO .....	34
2.3.2. FOMAS DE EMPALME ENTRE BARRAS DE ACERO ...	42
2.3.3. TIPOS DE POSICIÓN PARA EMPALMAR CON EMPALMES MECÁNICOS A ROSCA .....	57
2.3.4. LUZ ENTRE BARRAS AL EMPLEAR EMPALMES MECÁNICOS A ROSCA .....	66
2.3.5. CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO A TRACCIÓN DEL ACERO .....	69
2.4. MARCO CONCEPTUAL O GLOSARIO .....	72

## CAPÍTULO III.

### III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	76
--	----

	xii
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	76
3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	77
3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	77
3.3. TAMAÑO DE MUESTRA.....	77
3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	78

#### CAPÍTULO IV.

#### IV. DESARROLLO DEL TEMA

4.1. REGISTRO DE ENSAYO A TRACCIÓN POR LABORATORIO DE ACEROS AREQUIPA .....	80
4.2. REGISTRO DE ENSAYO A TRACCIÓN POR LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA .....	88

#### CAPÍTULO V.

#### V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. ANÁLISIS DEL REGISTRO DE ENSAYO A TRACCIÓN POR EL LABORATORIO DE ACEROS AREQUIPA .....	99
5.2. ANÁLISIS DEL REGISTRO DE ENSAYO A TRACCIÓN POR EL LABORATORIO DE LA UNI .....	104
5.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	108
5.4. HIPÓTESIS GENERAL .....	111
CONCLUSIONES .....	114
RECOMENDACIONES .....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	117
ANEXO .....	120

**LISTA DE CUADROS**

	Pag.
CUADRO 1. Longitud de desarrollo de las barras en tracción .....	47
CUADRO 2. Factor de modificación de las longitudes de desarrollo .....	47
CUADRO 3. Empalmes por traslape en tracción .....	48
CUADRO 4. Comparación de longitudes de empalmes .....	48
CUADRO 5. Distancia y alternancia para el empalme en grupo.....	65
CUADRO 6. Desaliniamiento aproximado permitido. ....	67

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1. Proceso para adaptarlas a una rosca paralela recta .....	36
FIGURA 2. Componentes del empalme con conector tipo rosca .....	37
FIGURA 3. Proceso para adaptarlas a rosca paralela troncocónica .....	38
FIGURA 4. Empalme roscado .....	38
FIGURA 5. Empalme de barras de acero .....	44
FIGURA 6. Empalme en viga y columna .....	44
FIGURA 7. Distribución de estribos para compresión diagonal .....	45
FIGURA 8. Empalme soldado por tope .....	51
FIGURA 9. Empalme soldado según posición .....	52
FIGURA 10. Empalme por soldadura .....	52
FIGURA 11. Tipos de empalmes soldados .....	54
FIGURA 12. Empalmes mecánicos en barras de diferentes diámetros. ....	55
FIGURA 13. Tipos de empalmes mecánicos .....	56
FIGURA 14. Empalme mecánico en posición tipo A. ....	59
FIGURA 15. Empalme mecánico en posición tipo B. ....	60
FIGURA 16. Contratuerca para empalmes mecánicos tipo C. ....	61
FIGURA 17. Empalme mecánico en posición tipo C.....	62
FIGURA 18. Empalme mecánico en posición tipo puente. ....	63
FIGURA 19. Elementos para empalme tipo puente.....	63
FIGURA 20. Empalme en posición grupo.....	64
FIGURA 21. Máximo 2 pasos visibles fuera del acoplador. ....	67
FIGURA 22. Diagrama de tracción. ....	70

**LISTA DE FOTOGRAFÍAS**

	Pag.
FOTO 1. Selección de material vertical con manguitos .....	39
FOTO 2. Revisión de roscado para los manguitos .....	39
FOTO 3. Armado de pilotes .....	41
FOTO 4. Empalme entre canastillas .....	41
FOTO 5. Empalme en posición tipo B paralelo-roscas cortas .....	60
FOTO 6. Empalme en posición tipo B-paralelo rosca larga .....	61
FOTO 7. Empalme en grupo paralelo-roscas cortas .....	65
FOTO 8. Empalme en grupo paralelo- rosca larga .....	66
FOTO 9. Empalme a tope entre barras. ....	68
FOTO 10. Empalme con 5mm de luz entre barras. ....	68
FOTO 11. Montaje de pilotes .....	69

**LISTA DE TABLAS**

	Pag.
TABLA N° 01. Registro del esfuerzo de la fluencia de 1 3/8".....	80
TABLA N° 02. Registro del esfuerzo a tracción de 1 3/8".....	82
TABLA N° 03. Registro de la relación R/Fy en aceros de 1 3/8".....	83
TABLA N° 04. Análisis del esfuerzo de fluencia. ....	85
TABLA N° 05. Análisis del esfuerzo a tracción.....	85
TABLA N° 06. Análisis de relación R/Fy.....	86
TABLA N° 07. Resumen de ensayo de laboratorio A.A. ....	86
TABLA N° 08. Registro del esfuerzo de fluencia sin conector 1 3/8" y 1"....	88
TABLA N° 09. Registro de esfuerzo a tracción sin conector 1 3/8" y 1".....	89
TABLA N° 10. Registro de fluencia y tracción con conector de 1 3/8". ....	90
TABLA N° 11. Variación de fluencia y tracción con conector de 1 3/8".....	91
TABLA N° 12. Ensayo a tracción de acero 1" con conector. ....	93
TABLA N° 13. Variación de fluencia y tracción del acero 1" con conector...	96
TABLA N° 14. Compilación de la información analizada. ....	108

## LISTA DE GRÁFICOS

	Pag.
GRÁFICO N° 01. Esfuerzo de fluencia de acero 1 3/8. ....	81
GRÁFICO N° 02. Esfuerzo de tracción acero 1 3/8. ....	83
GRÁFICO N° 03. Relación R/Fy en aceros 1 3/8. ....	84
GRÁFICO N° 04. Resumen de ensayo de laboratorio A.A. ....	87
GRÁFICO N° 05. Esfuerzo de fluencia sin conector de 1 3/8" y 1". ....	88
GRÁFICO N° 06. Esfuerzo a tracción sin conector de 1 3/8" y 1". ....	89
GRÁFICO N° 07. Variación entre la carga de fluencia. ....	90
GRÁFICO N° 08. Variación entre la carga máxima. ....	91
GRÁFICO N° 09. Variación de esfuerzo a fluencia. ....	92
GRÁFICO N° 10. Variación de esfuerzo a tracción. ....	92
GRÁFICO N° 11. Variación de la relación R/Fy. ....	93
GRÁFICO N° 12. Variación de límite de fluencia del acero 1" (Kg). ....	94
GRÁFICO N° 13. Variación de carga máxima del 1" (Kg). ....	95
GRÁFICO N° 14. Variación de la distancia a rotura del acero 1" (mm). ....	95
GRÁFICO N° 15. Variación en el esfuerzo de fluencia de 1" (Kg/cm <sup>2</sup> ). ....	96
GRÁFICO N° 16. Variación en el esfuerzo de tracción de 1" (Kg/cm <sup>2</sup> ). ....	97
GRÁFICO N° 17. Variación en la relación R/Fy del acero 1" (Kg/cm <sup>2</sup> ). ....	97
GRÁFICO N° 18. Análisis de fluencia. ....	109
GRÁFICO N° 19. Análisis de tracción. ....	110
GRÁFICO N° 20. Relación de esfuerzos. ....	112

## RESUMEN

El proyecto PUENTE NANAY el tramo I, consta de dos viaductos de acceso y un puente atirantado. En este proyecto por su gran envergadura, se tiene que emplear mayor cantidad de acero de refuerzo, según los cálculos realizados por el proyectista, se instalarán acero con diámetro 1 3/8", para la continuidad del acero, se utiliza empalmes mecánicos a rosca, conocido como manguito. Por proceso constructivo, a un pilote se divide en tramos conocido como canastillas. Para unir las canastillas pre armadas, se emplea empalmes mecánicos a rosca en posición tipo B, paralelo para las barras verticales. Este proceso genera, que no se llegue a empalmar correctamente en dos a tres barras por canastilla empalmada, teniendo la observación de una luz entre barras como máximo de 5mm.

Esta situación problemática puede ser esquematizada con la interrogante: ¿En qué medida el análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del "Puente Nanay"?, lo que genera un objetivo claro, el cual es: Determinar en qué medida el análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del "Puente Nanay". Al solucionar la premisa anterior y validar la hipótesis, llegamos a concluir que, en análisis de esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras encontramos que, la relación entre el esfuerzo de tracción y el de la fluencia ( $R/F_y$ ) para barras de 1 3/8" y de 1" al

emplear conectores mecánicos y a no emplearlos, se tiene una desviación estándar de 0.02 respecto a los valores ensayados por el fabricante; así mismo, esta relación de 2.83 se encuentra 1.58 por encima de las especificaciones técnicas del fabricante; por lo que podemos concluir en que las propiedades mecánicas de las barras de refuerzo empleando conectores mecánicos se conservan según fuesen diseñados por el consultor para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”.

## SUMMARY

The PUENTE NANAY project, section I, consists of two access viaducts and a cable-stayed bridge. In this project, due to its large size, a greater quantity of reinforcing steel must be used, according to the calculations made by the designer, steel with a diameter of 1 3/8" will be installed, for its continuity of the steel, mechanical threaded joints are used. known as cuff. By construction process, a pile is divided into sections known as baskets. To join the pre-assembled baskets, mechanical threaded connections are used in a parallel type B position for the vertical bars. This process generates, that it is not possible to splice correctly in two to three bars per spliced basket, having the observation of a maximum of 5mm between bars.

This problematic situation can be outlined with the question: To what extent does the analysis of the tensile stress using mechanical connectors with a 5mm span between bars, allow us to know the conservation of the mechanical properties of corrugated steel for piles P27, P28 and Torres, in the construction of the "Puente Nanay" ?, which generates a clear objective, which is: To determine to what extent the analysis of the tensile stress using mechanical connectors with a 5mm span between bars, allows us to know the conservation of the mechanical properties of corrugated steel for piles P27, P28 and Torres, in the construction of the "Puente Nanay". When solving the previous premise and validating the hypothesis, we came to conclude that from the analysis of tensile stress using mechanical connectors with a 5mm span between bars, we find that the relationship between the tensile stress and the yield stress ( $R / F_y$ ) For 1 3/8" and 1" bars, when using mechanical connectors and not using them, there is a standard deviation of 0.02 with respect to the values tested by the manufacturer,

and this ratio of 2.83 is 1.58 above the values. manufacturer's technical specifications; Therefore, we can conclude that the mechanical properties of the reinforcing bars using mechanical connectors are preserved as designed by the consultant for the P27, P28 and Torres piles, in the construction of the "Puente Nanay".

## **CAPÍTULO I.**

### **INTRODUCCIÓN.**

#### **1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

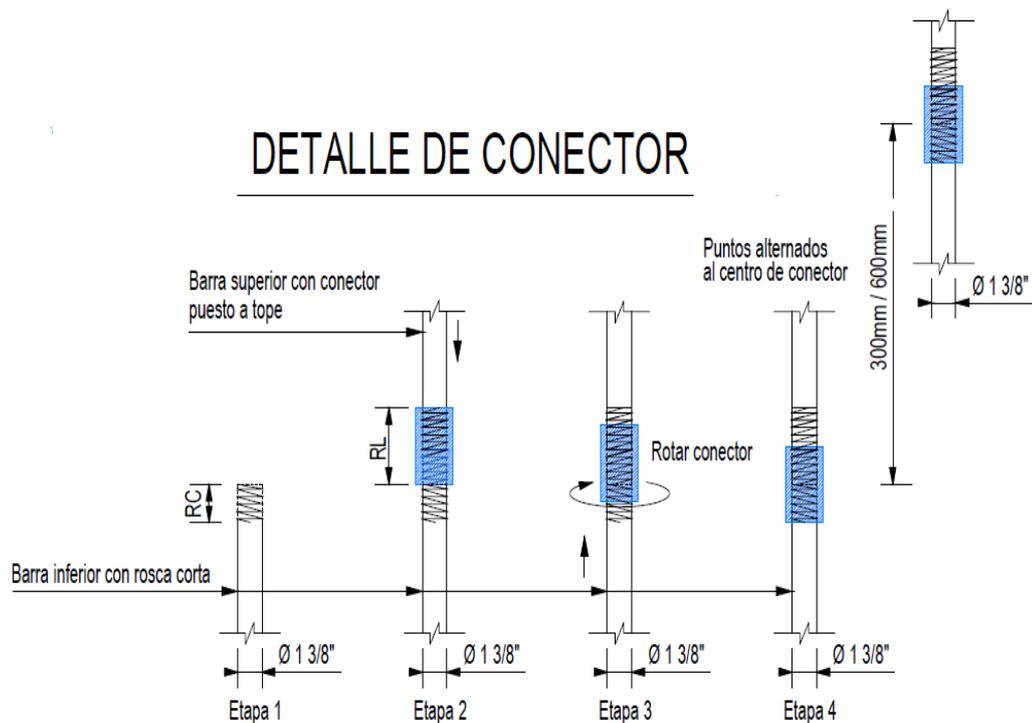
En el mundo de la construcción cada vez más, se necesita emplear menor tiempo en su proceso de ejecución. Debido a los avances de la ingeniería, en los últimos años, las infraestructuras poseen diseños más exigentes, que buscan mayor resistencia, funcionalidad y economía, acompañado de nuevos métodos que buscan optimizar los procesos constructivos. La utilización de empalmes en el proceso de armado del acero es imprescindible, ya que en algún punto es necesario conectar barras de acero según especifique el diseño de la estructura. El empalme por traslape, es actualmente el método de empalme más utilizado en nuestro país, debido a su fácil manejo y economía. No obstante, la

presentación de fallas en elementos estructurales donde se pierde la continuidad es muy común por lo que es necesario el estudio de nuevas alternativas que solucionen esta deficiencia.

Por otro lado, se encuentran los empalmes mecánicos, los cuales figuran como una alternativa que puede resultar más conveniente al momento de elaborar un diseño sismo-resistente. Dichos empalmes son utilizados en grandes proyectos de edificaciones internacionales; pero, debido a la falta de divulgación técnica en el país, su uso se limita a obras de gran envergadura, donde no es posible el empalme por traslape, producto de la gran concentración de barras de refuerzo por su mayor diámetro. Para determinar cuál método de empalme es más efectivo, no sólo es necesario analizar las ventajas y las desventajas económicas de cada método; sino que, es necesario analizar las dificultades que genera al emplear un determinado tipo de empalme por proceso constructivo funcional.

El proyecto PUENTE NANAY el tramo I, consta de dos viaductos de acceso y un puente atirantado. El primer viaducto inicia en Av. La Marina hasta la orilla del Río Nanay, para cruzar el Río Nanay se construye un puente atirantado y al final otro viaducto que llega hasta el poblado de Santo Tomas. El primer viaducto está compuesto por 1.184km, el puente de 0.437km y el segundo viaducto de 0.319km. En este proyecto por su gran envergadura, se tiene que emplear mayor cantidad de acero de refuerzo, según los cálculos realizados por el proyectista, se instalarán acero con diámetro 1 3/8" en los verticales al 100%, para la continuidad del acero se utiliza empalmes mecánicos a rosca, conocido como manguito. Estos

pilotes P27, P28 y torres tienen longitudes de 53m, 45m y 60m respectivamente. Por proceso constructivo, a un pilote se divide en tramos conocido como canastillas, a razón de que el acero de refuerzo corrugado tiene una longitud máxima de 12m. Para obtener la longitud total de cada pilote, se tiene que empalmar entre las canastillas. Cada canastilla C1, C2 y C3 están compuestas de 38 barras y en cada canastilla C4, C5 y C6 están compuestas de 76 barras en paquetes de dos unidades. Para unir las canastillas pre armadas, se emplea empalmes mecánicos a rosca en posición tipo B, paralelo para las barras verticales. Este proceso genera, que no se llegue a empalmar correctamente en dos a tres barras por canastilla empalmada, teniendo la observación de una luz entre barras como máximo de 5mm; por tanto, desconocemos la influencia de esta luz entre barras para la resistencia a tracción del acero.



Detalle del conector rosca  
*Aceros Arequipa (2019)*

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿En qué medida el análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- A.** ¿En qué medida la carga límite de fluencia, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”?
- B.** ¿Cómo influye la carga máxima de rotura, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, en conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

El desarrollo de la presente investigación resolvió una problemática encontrada durante la ejecución del armado del acero de los pilares del puente Nanay (asimismo, de otros puentes que se estén construyendo en el Departamento de Loreto, que tengan esta problemática similar); Siendo así, que la información recopilada y procesada sirve de sustento técnico para esta y otras investigaciones similares, ya que los ensayos realizados en los

aceros han sido realizados y validados por un laboratorio de una reconocida universidad nacional que cuenta con la certificación internacional ABET.

El desarrollo de la investigación en el área de la Ingeniería Civil tiene importancia académica, debido a que los resultados obtenidos, refrendan lo que el diseño en concreto armado nos menciona, en cuanto a la consideración de los parámetros físicos de los materiales dentro del cálculo estructural, presentándose en la presente investigación el comportamiento dúctil y de tracción del acero, de donde ya conocemos la gráfica de esfuerzo - deformación del acero, y con los resultados que la presente tesis arrojan, demuestra que aún utilizando empalmes mecánicos, el comportamiento, esfuerzo deformación, no varía, con lo que el cálculo estructural tampoco; ya que, esto influiría en el parámetro de factor de reducción de capacidad.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

En ese sentido, la investigación tendrá carácter práctico, ya que en función de los resultados de las pruebas de tracción que se desarrollaron, se puede saber si el armado de aceros en posición tipo B paralelo. En los pilotes P27, P28 y Torres de la obra "Puente Nanay" soportará las cargas que el consultor ha calculado en el diseño estructural, y en caso de que las pruebas hubiesen arrojado una fluencia alejada a los estipulado por las especificaciones técnicas del acero, se hubiese tenido que re diseñar toda la estructura en función del nuevo valor del acero en fluencia.

Así mismo, la investigación tiene un gran aporte a la sociedad toda vez que los ensayos son determinantes para un adecuado proceso constructivo que puede ser extrapolado para obras donde se requiera usar empalmes mecánicos; teniendo así, diseños confiables acorde al diseño estructural; toda vez que, no se tenía evaluada la confiabilidad de emplear empalmes mecánicos con luz entre barras.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar en qué medida el análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- A.** Determinar en qué medida la carga límite de fluencia, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”
- B.** Determinar cómo influye la carga máxima de rotura, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, en conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”

## **1.6. HIPÓTESIS**

### **1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras se relaciona directamente con conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”

### **1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- A.** La carga límite de fluencia, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, se relaciona directamente con conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”
- B.** La carga máxima de rotura, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, se relaciona directamente con conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1. MARCO FILOSÓFICO DE LA INVESTIGACIÓN**

Es necesario conocer e investigar el análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras como variable independiente y conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado como variable dependiente en la investigación para los pilotes P27, P28 y Torres, durante la construcción del “Puente Nanay” porque surge de la necesidad que tenemos los investigadores en conocer la implicancia de un empalme mecánico con una luz entre barras; toda vez que, tiene gran influencia en el comportamiento estructural del concreto armado; siendo esta última disciplina y especialidad de la ingeniería civil, fundamentada en una filosofía definida en

proporcionar que ante eventos sísmicos, prive la generación de mecanismos dúctiles que deformen la energía mediante deformaciones en el rango inelástico, antes que las fallas frágiles, en donde el esfuerzo cedente y el esfuerzo último se encuentran muy cercanos entre sí.

Esto acorde con la filosofía del diseño, en donde toda estructura debe de estar en condiciones de soportar (sin alcanzar un estado límite) todas las intensidades de carga, con combinaciones de carga más desfavorables a lo largo de toda su vida útil.

## **2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN**

### **2.2.1. ANTECEDENTE INTERNACIONALES**

Se tiene antecedente de estudio a nivel internacionales:

Diego A. Jhon G. (2017). Análisis técnico, económico y constructivo del uso de empalmes mecánicos roscados en edificaciones (Tesis pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

Concluyendo desde el punto de vista del comportamiento mecánico de los empalmes unidos con conectores roscados, los resultados son satisfactorios, ya que con un universo de 30 probetas en total de un mismo lote de acero, suministrado en uno de los proyectos, estudios de caso, se evidencia un coeficiente de variación cercano de 3%, que comparado con el alto rango entre límite mínimo y máximo de resistencia a la fluencia que la norma (23% aproximadamente) es bueno, es decir los ensayos demuestran que es confiable la utilización de este sistema en la construcción de obras.

Cabrera A. y Koller M. (2018). Comportamiento a tracción del acero estructural, según norma NTC 2289, de diferentes fabricantes del acero de refuerzo en el mercado (Tesis pregrado). Universidad Católica, Bogotá, Colombia.

Concluyendo que el 65% de las muestras analizadas se encuentra dentro del rango establecido; lo cual, resalta la adecuada elaboración en cuanto a la fluencia del material. Es importante señalar que, dentro del porcentaje obtenido, de las muestras con dichos resultados, el 73% son de empresas certificadas, también se encuentran en este porcentaje un 15% de muestras equivalentes a acero importado.

También se tiene como conclusión, que el 77.5% de las muestras tiene la capacidad de soportar las tensiones a las cuales fueron sometidas, antes de presentar deformaciones plásticas permanentes o llegar al punto de rotura, evidenciando la capacidad o máxima resistencia a la tracción que tienen.

Gilberth A. y Renneé C. (2019). Implementación de empalmes mecánicos en el acero de refuerzo para elementos de concreto armado (Tesis pregrado). Universidad Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua.

Concluyendo que en cuanto al 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 debe 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  $125\%F_y$  de la varilla y deberán cumplir con un escalonamiento de 600mm a como se especifica en dicho Reglamento, también se describen los empalmes mecánicos, quienes deberán cumplir con  $125\% F_y$  y de igual forma un escalonamiento de 600mm para cumplir con el Reglamento Internacional ACI-318.

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 las varillas ofreciendo un mayor porcentaje de resistencia en el empalme.

### **2.2.2. ANTECEDENTE NACIONALES**

Se tiene antecedente de estudio a nivel Nacional:

Jean M. (2018). Evaluación de los empalmes mecánicos y sus esfuerzos de tensión en muestras en probetas de acero. (Tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Concluyendo que se logró evaluar los esfuerzos de tensión en probetas de barras de acero de 1" de diámetro con el uso de empalmes mecánicos, experimentando esfuerzos de tensión máxima mayores al  $1.5 f_y$  tal como lo indica la norma ACI-318,

iniciando la fluencia en puntos mayores al de una barra sin conector que es igual a 4200 Kg/cm<sup>2</sup>.

Así mismo, a los resultados obtenidos se analizó el esfuerzo de tensión de probetas de acero 1" de diámetro con conector mecánico a rosca tipo 2 para la cual, el esfuerzo último obtenido fue igual a 1.76fy, siendo mayor al límite de 1.5fy condición de ACI. Demostrando que la rotura se genera para mayores cargas aplicadas sobre esas muestras y demostrando que genera un buen funcionamiento para eventos inesperados.

Yhemy H. y Paver C. (2019). estudio comparativo de los empalmes de barras de refuerzo para concreto de grado 60 de  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> de diámetros 3/8", 1/2" y 5/8", entre el empalme por traslape y el empalme con conectores mecánico a esfuerzo de tracción. (Tesis pre grado). Universidad Nacional de San Antonio de Abad, Cusco, Perú.

Concluyendo que todas las muestras fueron sometidas a esfuerzos máximos de tracción en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, hasta lograr su falla por rotura o deslizamiento, obteniendo como resultado que las muestras con empalmes mecánicos obtuvieron los siguientes datos, acero de 3/8" de diámetro obtuvo un esfuerzo máximo a la fluencia de 1.77fy, en el acero 1/2" de diámetro de 1.74fy y por último en el caso de 5/8" de diámetro un esfuerzo último de fluencia de 1.70fy. los empalmes por traslape obtuvieron los siguientes datos, el acero de 3/8" de diámetro obtuvo un esfuerzo último a la fluencia de 1,71fy, en el acero de 1/2"

de diámetro de 1.70fy y por último en el acero de 5/8" de diámetro un esfuerzo último de fluencia de 1.68fy.

Así mismo, se concluye que, los empalmes mecánicos poseen una mayor resistencia a esfuerzos de tracción que los empalmes por traslape y cumplen con ser mayores a 1.25fy para el tipo 2 según como lo indica la Norma ACI 318 para aceros fabricados según Norma ASTM A615.

## **2.3. BASES TEÓRICAS**

### **2.3.1. PROCESOS DE INSTALADO DE ACERO**

Es necesario conocer acerca de las etapas por las que pasan las barras de acero para formar parte del concreto armado, por ello se hará mención de la habilitación, armado y colocación del acero, puesto que son aspectos importantes que deben ser tomados en cuenta y acatados de la mejor manera para cumplir con eficiencia la finalidad concebida en el diseño propuesto por el proyectista. Además, en cada una de las etapas se indicará la particularidad por la que atraviesan las barras de acero para ser parte de concreto armado. (Tarazona, 2019, p.18)

#### **A. HABILITACIÓN**

Se entiende por habilitación de las barras de acero, al primer proceso por el que pasan para que resulten en piezas con la forma necesaria, para cumplir con lo establecido en los planos, los procesos más comunes que encontramos en esta etapa son los cortes y los dobleces; en el mercado podemos encontrar, tratándose de proyectos de pequeña y mediana escala, equipos y

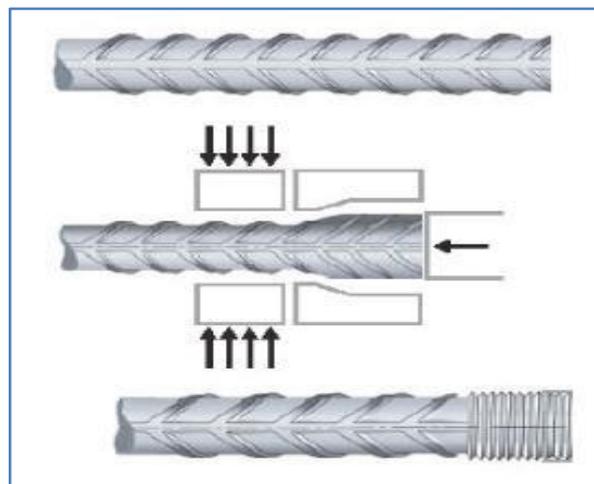
herramientas que permiten producir dichas piezas, tales como: tronadora, tubo de doblado, trampas y grifas. Para proyectos de mayor escala además de los antes mencionados, encontramos maquinarias que automatizan el proceso de habilitado, reduciendo el tiempo de elaboración de piezas, el uso de mano de obra, los costos de supervisión y desperdicios, además de brindar ventajas como: mayor control de la producción, mayor control de la calidad y disminución del área destinada a esta labor; es aquí donde también encontramos a máquinas semi automatizadas empleadas para habilitar barras de acero previstas a empalmar por medio de un empalme mecánico. (Tarazona, 2019, p.18)

En el caso para emplear empalmes mecánicos, el acero es habilitado para su proceso de roscado según diámetro, la habilitación consiste en modificar los extremos de las barras dándoles forma de rosca recta paralela. La preparación de los extremos de las barras es un proceso patentado de forja fría y de roscado, según posición que garantiza una resistencia máxima a la tracción en el empalme de barras de refuerzo, resultando esta mayor que de la barra misma. (Dextra, 2018, p.03)

El conector mecánico tipo rosca paralela recta es un empalme mecánico que logra empalmar barras de acero que han pasado por un proceso previo de habilitación que consiste, en:

- Paso 1: Corte, para asegurar un corte limpio y bien perpendicular, y por lo tanto maximizar la duración de los consumibles.
- Paso 2: Embuchamiento, obtenido con la acción sincronizada de dos cilindros actuados a velocidad variable.
- Paso 3: Rosca, con máquinas modernas y retocadas, perfeccionadas para ejecutar de manera eficaz operaciones en todos diámetros, manejables fácilmente a través de una pantalla táctil.

En la Figura 1 se detallan los tres procesos mencionados, mientras que en la Figura 2 se pueden apreciar los componentes de este empalme mecánico; el conector de rosca paralela recta, ubicado en el medio, a través de las hendiduras internas que posee; logra enroscarse con ambos extremos de las barras que se disponen a conectar y que fueron previamente habilitadas, una vez acopladas se logra dar continuidad a la barra de acero. (Corpa Macchinari, 2016, p.45).



**FIGURA 1.** Proceso de habilitación de barras para adaptarlas a una rosca paralela recta.

Los tres pasos logran que una vez realizado el roscado no disminuya el diámetro efectivo de la barra y que, por lo tanto, dicha zona habilitada no pierda sus propiedades.



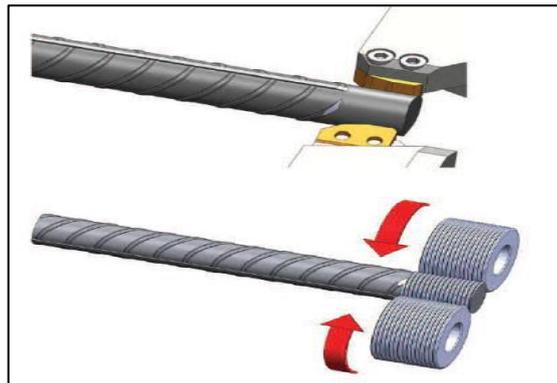
*FIGURA 2.* Componentes del empalme con conector tipo rosca paralela recta.  
Dextra Group. (2018).

El conector tipo rosca paralela troncocónica es un empalme mecánico que logra empalmar barras de acero que han pasado por un proceso previo de habilitación que consiste en lo siguiente:

- Paso 1: Pelado, el extremo de la barra se pela mediante cuchillas.
- Paso 2: Roscado por laminación, se realiza una rosca por laminación.

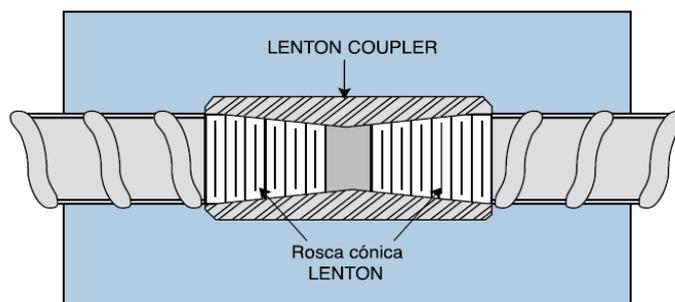
En la Figura 3. se detallan los dos procesos mencionados, mientras que en la Figura 4 se pueden apreciar los componentes del empalme mecánico; el conector de rosca paralela troncocónica, denominado Lenton Coupler, a través de sus hendiduras internas logra enroscarse con ambos extremos de las barras que se disponen a conectar y que fueron previamente

habilitadas, una vez acopladas se logra dar continuidad a la barra de acero. (Dextra, 2018)

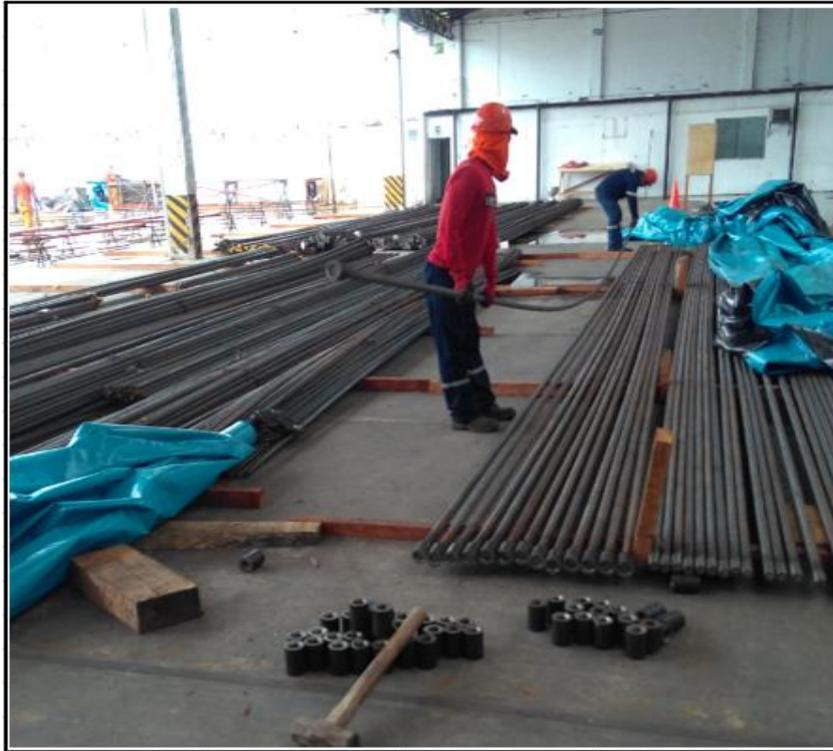


**FIGURA 3.** Proceso de habilitación de barras para adaptarlas a una rosca paralela troncocónica. Dextra Group. (2018).

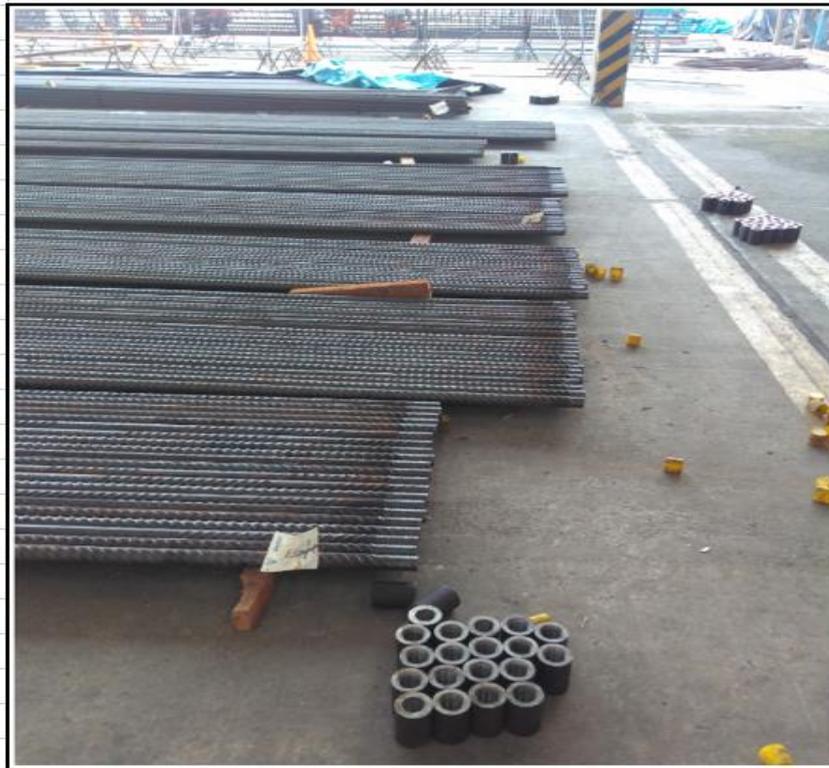
Mediante estos pasos se logra que las barras puedan ser acopladas al conector, sin embargo, la medida del diámetro se ve comprometida, pudiendo provocar que la zona laminada resulte propensa a fallas al aplicarse esfuerzos.



**FIGURA 4.** Empalme roscado Nvent LENTON. (2015).



**FOTO 1. Selección de material vertical con manguitos.**



**FOTO 2. Revisión de Roscado para los manguitos.**

## **B. ARMADO**

La segunda etapa definida como armado, tiene como base fundamental seguir a cabalidad tanto los planos de distribución del acero, como las especificaciones técnicas acerca de los elementos que se armarán; aquí se toman en cuenta detalles como: verificación de diámetros, espaciamiento, ubicación y longitud de los empalmes, cantidad de varillas, detalles en intersecciones, posición de empalmes a traslape y mecánico. Para poder realizar debidamente este proceso, se requieren de herramientas tales como: flexómetro, tiza, tortol, cizalla y alambre #16. (Tarazona, 2019, p.19)

Con emplear menor tiempo en su construcción de los proyectos, ya se está empleando el pre armado de estructuras en función al estudio de los planos y cumpliendo con las especificaciones técnicas del proyecto. El pre armado consiste en que las piezas habilitadas ya estén colocadas en la estructura, según el plano. El pre armado se realiza no insitu del área de instalado. (Manual del Maestro, 2018)



**FOTO 3. Armado de pilotes.**



**FOTO 4. Empalme entre canastillas.**

### **C. COLOCACIÓN**

La etapa de colocación consiste en ubicar correctamente las barras de acero que previamente fueron armadas, obedeciendo a las especificaciones representadas en los planos, y que una vez sean colocadas se debe proceder a verificar que esté nivelado,

aplomado, bien atortolado, que cuente con el recubrimiento señalado y de ser el caso que cuente con el grado de inclinación, si es que hubiese algún elemento inclinado, para lograr ello nos ayudaremos de maquinarias y herramientas tales como: nivel de mano, nivel topográfico, separadores puntuales y torre Grúa de ser el caso. (Tarazona, 2019, p.19)

En relación a colocación de los pre armados de las estructuras verticales, se necesita realizar montaje de cada estructura. Para su instalado se debe realizar maniobras de mucha precisión teniendo en cuenta las marcas y ejes identificados para su posicionamiento. (Manual del Maestro, 2018).

### **2.3.2. FORMAS DE EMPALME ENTRE BARRAS DE ACERO**

Cuando colocamos o instalamos las armaduras de acero en una obra determinada, debido a diferentes razones constructivas o estructurales, nos vemos en la necesidad de unir diferentes segmentos de varillas de construcción para continuar a completar la longitud requerida. A estas uniones se les denomina “empalmes”.

Como se sabe, solo se permite empalmes en zonas de mínimo esfuerzo, nunca en zonas de máximo esfuerzo, ni en aquellas donde pueden producirse articulaciones plásticas (o sea, donde hay momentos máximos de flexión); ni a distancias menores  $2d$  de la cara de los apoyos (siendo “d” el empalme de las vigas).

Realizar correctamente los empalmes en las barras de refuerzo es crucial para asegurar la integridad de las estructuras de concreto

armado. La norma ACI establece lo siguiente: “Los empalmes en el acero de refuerzo deben ser realizados únicamente en base a lo especificado en los planos de diseño, a las especificaciones técnicas o según lo autorice el ingeniero responsable”.

La gran responsabilidad del diseño, especificación y rendimiento de los empalmes recae en el ingeniero, y sólo el ingeniero que está familiarizado con el análisis estructural y el diseño, las condiciones de construcción probables y las condiciones finales de servicio pueden evaluar adecuadamente las variables para seleccionar el más eficiente y económico método de empalme.

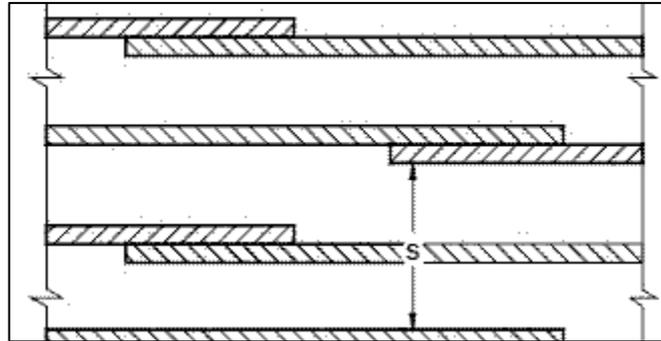
En el empalme tradicional, cuando satisface todos los requerimientos técnicos, resulta menos costosa en términos de mano de obra; sin embargo, el uso de traslapes causa congestión donde los empalmes están ubicados, lo que a veces imposibilita su uso en obra. En esos casos es conveniente utilizar conectores mecánicos o soldadura.

Los empalmes pueden ser de 3 clases: Traslapados, Soldados y Mecánicos.

#### **A. EMPALMES TRASLAPADOS**

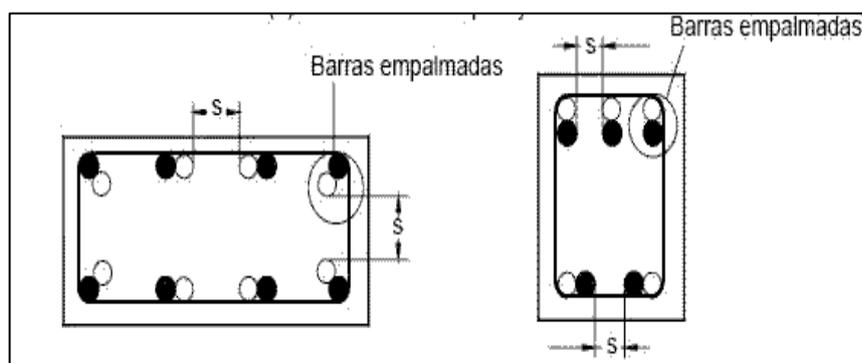
En los empalmes traslapados, la fuerza de una barra se transfiere al concreto que la rodea por adherencia; y simultáneamente, por el mismo efecto, a la otra barra. La eficiencia de estos empalmes depende del desarrollo de la adherencia a lo largo de la superficie de las varillas, y de la capacidad del concreto para transferir los elevados esfuerzos

cortantes que se generan. Por la forma en que trabajan estos empalmes, pueden ser a tracción o a compresión.



*Figura 5. Empalme de barras de acero.*

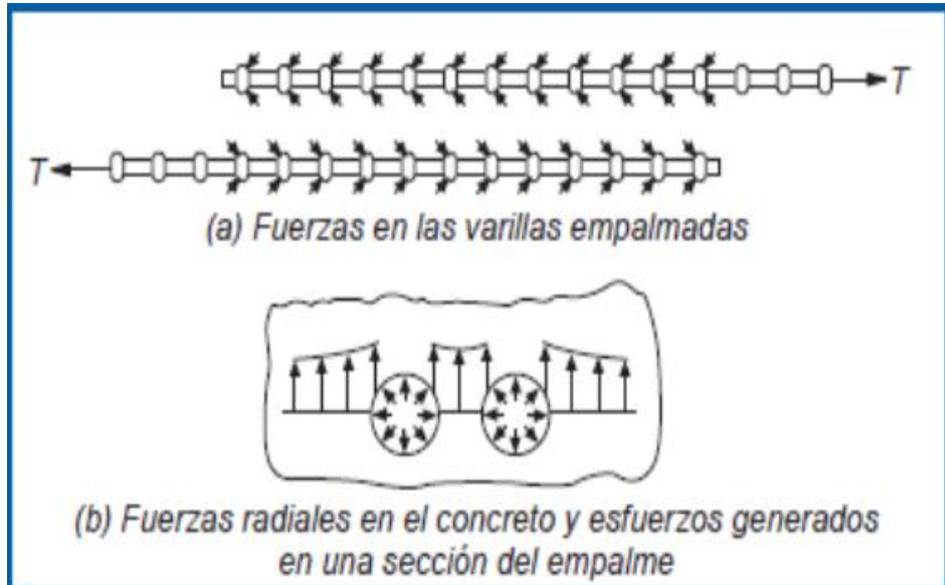
Los empalmes son utilizados cuando la longitud del refuerzo en un elemento, ya sea viga o columna (ver fig. 6), excede la longitud comercial o requerida de las barras de acero de refuerzo, es necesario unir dos de ellas para conseguir la longitud necesaria. Deben ubicarse en las zonas menos esforzadas para no disminuir la resistencia de la pieza y su distribución será determinada en planos y cálculo del proyectista.



*Figura 6. Empalmes en viga y columna.*

Los empalmes a tracción, generan compresión diagonal en el concreto ubicado entre las 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.



*Figura 7. Distribución de estribos para compresión diagonal.*

Es importante hacer notar que el Reglamento Peruano, no exige estos estribos adicionales; su actual exigencia es similar al ACI-318-89, código que fue cambiado después de las malas experiencias detectadas en los terremotos de California en Landers (1992, magnitud 7.3) y en Hector Mine (1999, magnitud 7.1). Los empalmes a compresión trabajan bajo condiciones más favorables, por lo que requieren de una mejor longitud. La causa principal de falla de estos empalmes se da por aplastamiento del concreto en el extremo de las varillas, sobre todo cuando estas son de mayor diámetro.

El código ACI recomienda no usar empalmes traslapados para varillas mayores a la 1 3/8" (ACI-12.14.2.1)

Según HARMSEN (2009), Este denominado “empalme por traslape” consta de dos barras de acero que se encuentran unidas en una determinada longitud por medio de alambres, cuyo objetivo es mantenerlos en la posición prevista, la forma de funcionamiento de este mecanismo consiste en la transferencia de fuerzas de una barra a otra teniendo como medio de transferencia al concreto en la zona del empalme; es decir que, en determinado momento el concreto presentará esfuerzos provenientes de las barras de acero; lo cual podría ocasionar grietas, dependiendo de la magnitud de esfuerzo que deba transmitir. Las longitudes de las barras de acero que forman parte del empalme por traslape dependen principalmente del diámetro de las barras, de la resistencia del concreto y del acero y de los esfuerzos a los que se encuentran sometidos.

Teniendo en cuenta que esta investigación se realizará en barras corrugadas y que los esfuerzos son condiciones determinantes, emplearemos los condicionantes establecidos en el RNE Norma E.060, que menciona como primer caso a las barras corrugadas sometidas a tracción y en ellas que de tratarse de empalme por traslape, la longitud mínima será conforme a los requisitos de los empalmes denominados Clase A o Clase B y nunca deben ser menor que 300 mm. Para el cálculo de estos valores se deben emplear la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3.

Condiciones	Alambres corrugados o barras de 3/4" y menores	Barras mayores de 3/4"
<p>Espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo empalmados o desarrolladas no menor que <math>db</math>, con recubrimiento libre no menor que <math>db</math>, y estribos a lo largo de <math>l_d</math> por lo menos iguales al mínimo indicado en 11.5.6.</p> <p>Aplicable también cuando el espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrolladas o empalmadas no sea menor que <math>2 db</math> y el recubrimiento libre no menor que <math>db</math> (ver Fig.12.1).</p>	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{2,6 \sqrt{f_c}} \right) db$	$\left( \frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{2,1 \sqrt{f_c}} \right) db$
Otros casos	Ver 12.2.3	Ver 12.2.3

Nota: Reglamento Nacional de Edificación. Norma E.060 (2009, p.97)

**Cuadro 1: Longitud de desarrollo de barras en tracción.**

Factor	Condiciones	Valor
$\Psi_t$	Barras superiores.*	1,3
	Otras barras.	1,0
$\Psi_e$	Barras o alambres con tratamiento superficial epóxico y recubrimiento menor que $3db$ o espaciamiento libre menor que $6 db$ .	1,5
	Otras barras o alambres con tratamiento superficial epóxico.	1,2
	Barras sin tratamiento superficial	1,0
$\Psi_s$	Barras de 3/4" y menores.	0,8
	Barras mayores de 3/4".	1,0
$\lambda$	Concreto liviano.	1,3
	Concreto de peso normal.	1,0

Nota: Reglamento Nacional de Edificación. Norma E.060 (2009, p.99)

**Cuadro 2: Factor de modificación de las longitudes de desarrollo.**

$\frac{As \text{ proporcionado}}{As \text{ requerido}}$ (*)	Porcentaje máximo de <i>As</i> 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

(\*) Relación entre el área de refuerzo proporcionada y la requerida por calculo en la zona de empalme.

Nota: Reglamento Nacional de Edificación. Norma E.060 (2009, p.99)

**Cuadro 3: Empalmes por traslape en tracción.**

A continuación, se presenta un cuadro del cálculo de las longitudes de empalmes traslapados, de acuerdo al Reglamento Americano ACI-318-08, y al Reglamento Peruano E-060-2001 para Concretos de  $f'c=210$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$ .

Longitud de empalme para concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$				
DIÁMETRO	Barras Superiores ( viga o losa)		Otras Barras	
	ACI-318-08(USA)	E060-2009(PERÚ)	ACI-318-08(USA)	E060-2009(PERÚ)
3/4"	1.42m	1.13m	1.09m	0.87m
1"	2.36m	1.87m	1.83m	1.43m
1 3/8"	3.33m	2.64m	2.57m	2.03m
Longitud de empalme para concreto $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$				
DIÁMETRO	Barras Superiores ( viga o losa)		Otras Barras	
	ACI-318-08(USA)	E060-2009(PERÚ)	ACI-318-08(USA)	E060-2009(PERÚ)
3/4"	1.22m	0.98m	0.94m	0.75m
1"	2.03m	1.63m	1.57m	1.25m
1 3/8"	2.89m	2.28m	2.21m	1.96m

(Reglamento Americano vs Reglamento Peruano)

**Cuadro 4: Comparación de longitudes de empalmes.**

En todos los casos, podemos ver que las longitudes de empalme que exige el Reglamento Americano son mucho mayores que las del Reglamento Peruano.

Según la norma Técnica E070 de Albañilería que reúne las exigencias mínimas para procedimientos constructivos, control de calidad e inspección de las edificaciones de albañilería. Detalla que los traslapes del refuerzo horizontal o vertical tendrán una longitud igual a 45 veces el mayor diámetro de las barras traslapada. Ello significa, que el objetivo es lograr un traslape que permita transferir el total de los esfuerzos de una barra a otra.

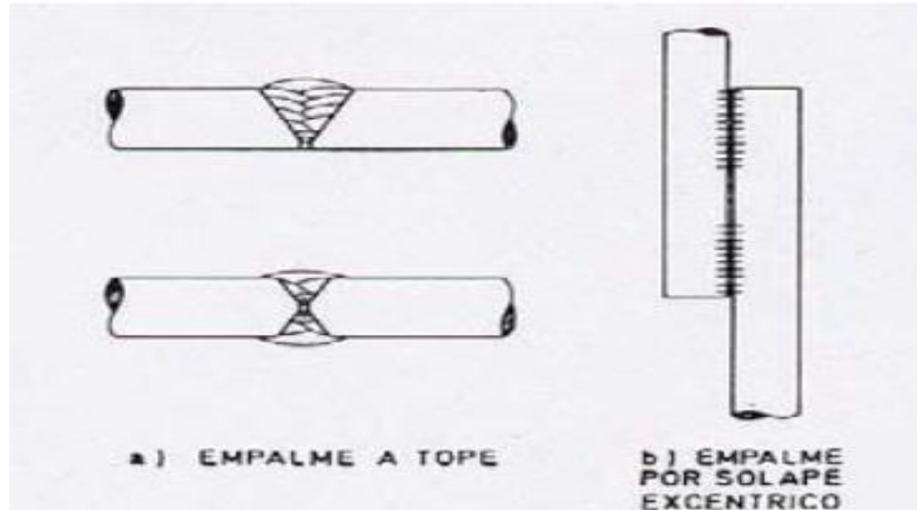
Si se consigue un traslape eficiente y seguro, la capacidad de las columnas y vigas de confinamiento con barras empalmadas, será igual a la del elemento sin empalme. Por tanto, se logrará un esfuerzo continuo, sin que se produzca una “falla de empalme” y sin disminuir su capacidad de resistencia.

Es importante saber que el buen desempeño del empalme no sólo dependerá de la longitud de traslape, sino también de la calidad de concreto utilizado en la obra, pues la transferencia de esfuerzos de un fierro a otro se hace a través del concreto que rodea ambos fierros. Esta fuerza se transmitirá por adherencia del fierro al concreto y al mismo tiempo con similar mecanismo, se transferirá del concreto hacia el otro fierro. Es evidente que dentro del concreto se generen tensiones muy elevadas y fuerzas que tienden a la falla por separación. Por lo tanto, el éxito de un empalme por traslape radica en que se realice eficazmente la

adherencia entre el fierro y el concreto, sin que éste último se desintegre o se deforme.

## **B. EMPALMES SOLDADOS**

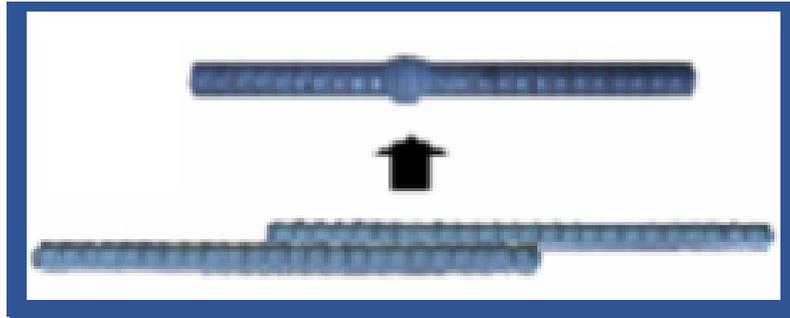
En los empalmes soldados se requiere considerar la soldabilidad del acero, en cuanto a su composición química. La soldadura es un proceso de unión entre los metales por la acción del calor, con o sin aportación del material metálico nuevo, dando continuidad a los elementos unidos, pero solo puede hacerse 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) A tope, b) Por solape excéntrico.



**Figura 8. Empalme soldado por tope.**  
**Fuente: (INDURA, 2006).**

Es un sistema empleado por décadas en las uniones de rieles y barras de construcción. La introducción de este sistema, se les atribuye a los japoneses. Consiste en calentar el material a una temperatura de 12,000grados y someter a presión controlada por menos de un minuto, hasta que las moléculas se unan unas con las otras y así formar una unión con las mismas características del material original, destacando que, en el punto de unión, el diámetro que se une tras la fundición, es más fuerte que el diámetro nominal.

Se utiliza en todo tipo de obras tale como presas, puentes, edificios, fundaciones, entre otras. Por lo general, son prácticos y convenientes, ya que se logra una perfecta continuidad en las barras unidas por este sistema.



**Figura 9. Empalme soldado según posición.**

En los empalmes soldados se requerirá considerar la soldabilidad del acero en cuanto a su composición química o índice de Carbono Equivalente (CE). Los empalmes por soldadura deben ser sometidos a un control de calidad muy exigente, el que debería incluir muestras preparadas en el mismo sitio de la obra, para asegurar las características de resistencia y deformación.



**Figura 10. Empalmes por soldadura.**

### **REQUERIMIENTOS DEL R-033**

El Reglamento para Diseño y Construcción para estructuras de Hormigón Amado en su artículo 414, establece los siguientes requerimientos para los empalmes soldados.

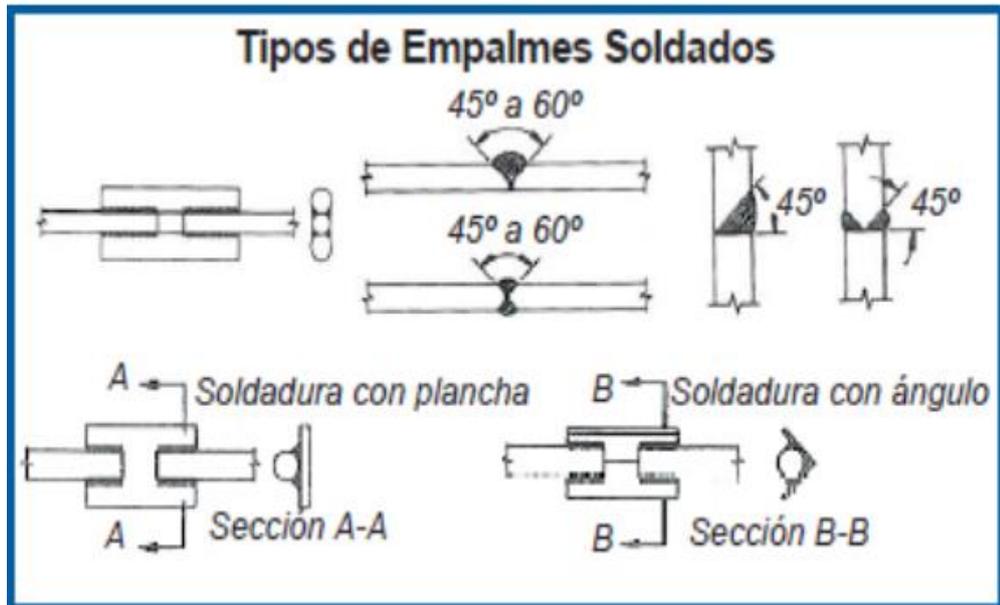
- Las superficies a soldar se deberán encontrar secas y libres de todo material que pudiera afectar la calidad de la soldadura.

- Queda expresamente prohibida la soldadura de armaduras galvanizadas o con recubrimientos epóxicos.
- No se podrán disponer empalmes por soldadura en los tramos de fuerte curvatura del trazado de las armaduras.
- Las soldaduras a tope de barras de distinto diámetro se podrán realizar siempre que la diferencia entre diámetros sea inferior a 3 milímetros.
- No se podrán realizar soldaduras en períodos de intenso viento o cuando esté lloviendo, a menos que se adopten las debidas precauciones, tales como: la disposición de pantallas o cubiertas protectoras, y se proteja adecuadamente la soldadura para evitar un enfriamiento rápido.

Según las especificaciones de Reinforcing Steel (ANSI-/AWS D 1.4)", Los empalmes soldados solo pueden usarse si las barras son de Acero ASTM A 706 (acero soldable de baja aleación que ha recibido un tratamiento térmico controlado, dentro de su proceso de laminación). En determinados casos, se podrían usar barras convencionales, si se cumplen con algunos requisitos especiales.

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

Los empalmes soldados no deben producir excentricidades en el esfuerzo. En la siguiente figura se muestran algunos de los más utilizados:



**Figura 11. Tipos de empalmes soldados.**

### **C. EMPALMES MECÁNICOS**

Debido a que en la actualidad el construir edificios de hormigón armado de gran envergadura se ha vuelto una tendencia habitual, ha surgido la necesidad de limitar el uso de los empalmes por traslape a determinadas condiciones de la estructura. Ante esto, los empalmes mecánicos ofrecen ciertas ventajas.



**Figura 12. Empalmes mecánicos en barras de diferentes diámetros.**

Los empalmes mecánicos son piezas metálicas que conectan una varilla con la otra, usualmente a tope. Actualmente son muy usados y son más seguros que los empalmes soldados. En el mercado existen diversos dispositivos patentados para estos empalmes mecánicos en la actualidad. Estos tipos de empalmes son muy utilizados mayormente en países desarrollados.

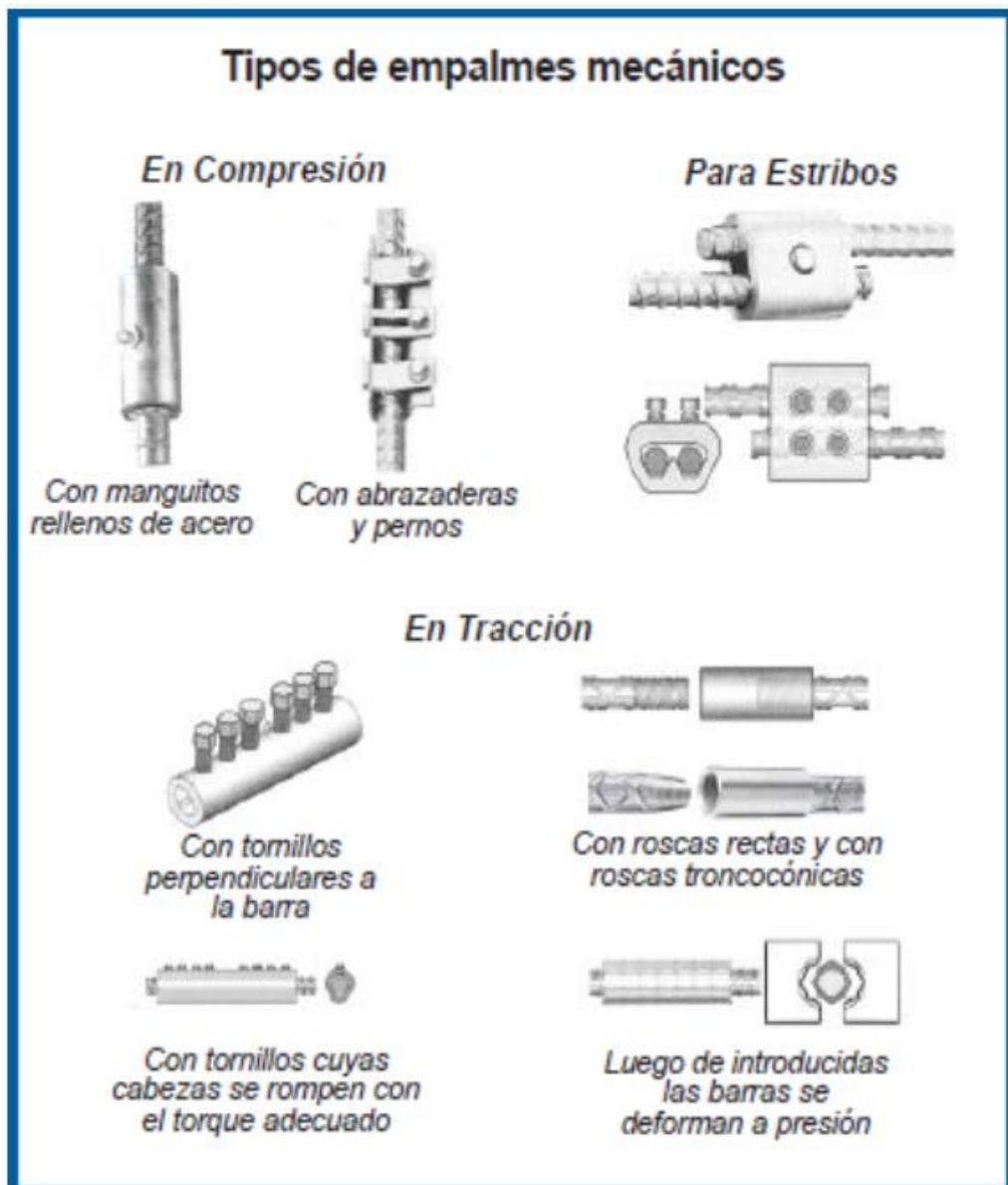
#### **a) Tipos de empalmes mecánicos**

En el mercado existen diversos tipos de estos empalmes mecánicos, entre estos están los conectores que se presionan mecánicamente a las barras de acero, dispositivos con rosca en la barra, conectores que se presionan con tornillos, algunos especiales con tendencia antisísmica, etc. Desde el punto de vista antisísmico, hay dos tipos:

- **Empalme mecánico Tipo 1:** Este debe desarrollar por lo menos 125% del esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ) del acero de la varilla. Se pueden usar en pórticos asísmicos especiales o

muros estructurales especiales (ver ACI 318-08, 21.1.1.7), no deben usarse dentro de una tendencia igual al doble del peralte de la viga o donde sea probable se produzca la fluencia del refuerzo, como resultado de desplazamiento laterales inelásticos, como el caso de rótulas plásticas.

- **Empalme mecánico Tipo 2:** Este debe desarrollar por lo menos un esfuerzo igual a la carga de rotura ( $f_s$ ) del acero de la varilla. Se pueden usar en cualquier localización.



**Figura 13. Tipos de empalmes mecánicos.**

Los empalmes mecánicos son obligatorios para barras 1 3/4" o mayores, donde están prohibidos los empalmes traslapados. Estos deben estar escalonados cuando menos 60cm; pero en elementos de amarre en tracción, deben estarlo por lo menos 75cm. Si se usan para varillas de acero A615 Grado 40 (2800Kg/cm<sup>2</sup>), deben poder resistir una fuerza=4200 kg/cm<sup>2</sup>. Si se usa acero A615 y A706 Grado 40 o Grado 60, deben resistir como mínimo de 6320kg/cm<sup>2</sup>. En general, los empalmes mecánicos se usan para fierros gruesos de 1" o más; resultan más económicos, cómodos de usar y facilitan el llenado de concreto. Se debe tomar precauciones especiales en los espaciamientos entre barras y en los recubrimientos, dado que el diámetro exterior del empalme mecánico es mayor que el de la barra. Si se trata de ampliaciones de edificios antiguos, en los que se usaba acero grado 40 o menor, se deben hacer pruebas del empalme con ese tipo de acero. (Revista de Aceros Arequipa, 2019, p.34)

### **2.3.3. TIPOS DE POSICIÓN PARA EMPALMAR CON EMPALMES MECÁNICOS A ROSCA.**

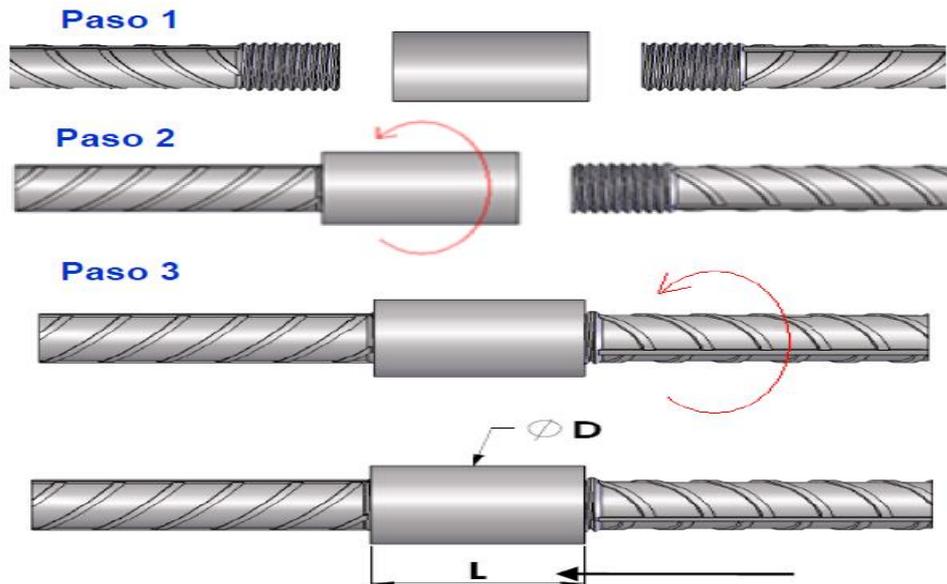
El empalme mecánico se consigue enroscando el acoplador en una barra y después rotando la segunda barra de refuerzo dentro del acoplador. En oposición a las roscas cónicas, no se precisa el uso de la llave dinamométrica y el fallo de montaje debido a rosca cruzado es imposible. Se deben seguir las instrucciones de montaje. Las roscas paralelas isométricas tienen la misma resistencia a la tensión que a la compresión. DEXTRA (2019)

## **A. EMPALMES ESTÁNDAR O POSICIÓN TIPO A**

Según DEXTRA (2019), Los empalmes estándar o también conocido como empalmes en posición Tipo A, se consiguen usando manguitos hembra estándar, cuya longitud iguala el largo de las roscas de las barras. La barra de empalme gira en el acoplador.

El procedimiento del instalado del empalme mecánico estándar o en posición tipo A, son los siguientes pasos:

1. Se debe realizar las marcas en el roscado de las barras, para identificar luego de completar el instalado. Donde nos indicarán que las barras están a tope.
2. Se tiene que tener identificado las barras a instalar con las roscas en ambos de forma opuesta. El roscado en ambas barras deben tener la longitud de  $L/2$  del manguito.
3. El manguito se debe roscar a uno de las barras roscadas la longitud de  $L/2$ , es decir el 50% de la longitud.
4. Luego se debe roscar la siguiente barra, completando el 50% de la longitud del manguito.



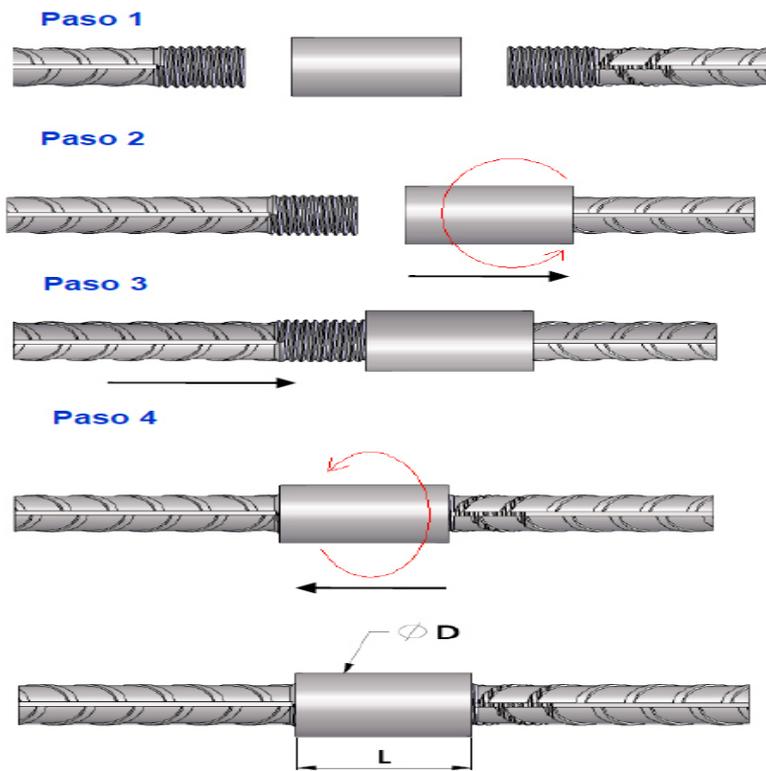
**Figura 14. Empalme mecánico en posición tipo A.**

## **B. EMPALMES EN POSICIÓN TIPO B**

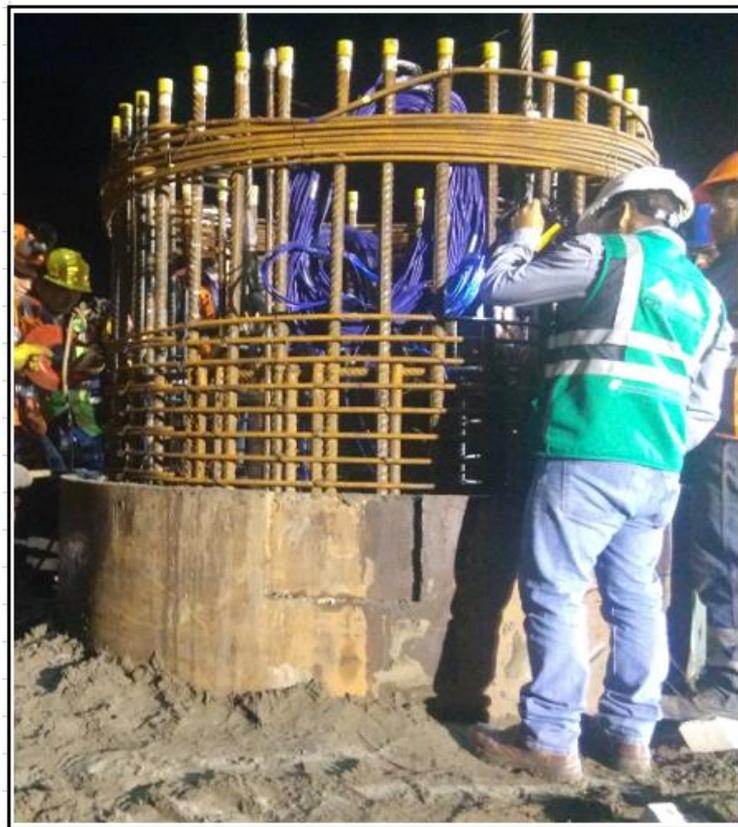
Este tipo de empalme se emplea cuando rotar ambas barras resulte imposible, por ejemplo, debido a sus dimensiones, el sistema de empalme simplemente prolonga la rosca en corrugas de una de las barras, con lo que el manguito puede acoplarse hasta el final de la rosca prolongada. Después, se desenrosca rotándolo hacia la otra barra hasta su ajuste total, para conseguir la conexión.

Se debe considerar los siguientes pasos:

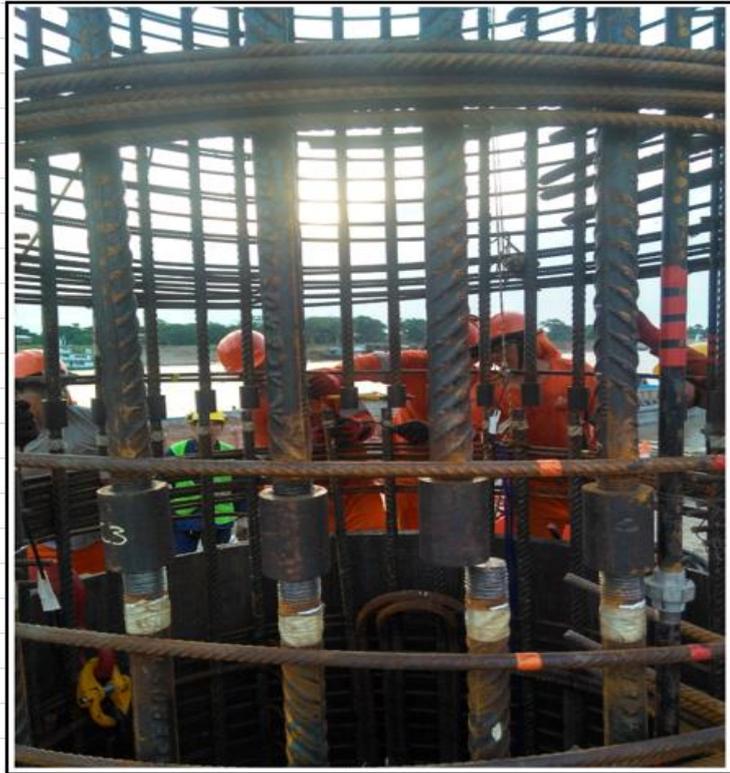
1. Se debe realizar las marcas en el roscado de las barras, a cada  $L/2$ . ("L" longitud del manguito). Ello, para verificar el tope entre barras.
2. El manguito se debe ingresar a la barra donde tenga la rosca larga. Las barras deben estar en paralelo y centrados.
3. Luego se coloca a tope entre barras para roscar el manguito hasta la otra marca de la siguiente barra.



**Figura 15. Empalme mecánico en posición tipo B.**



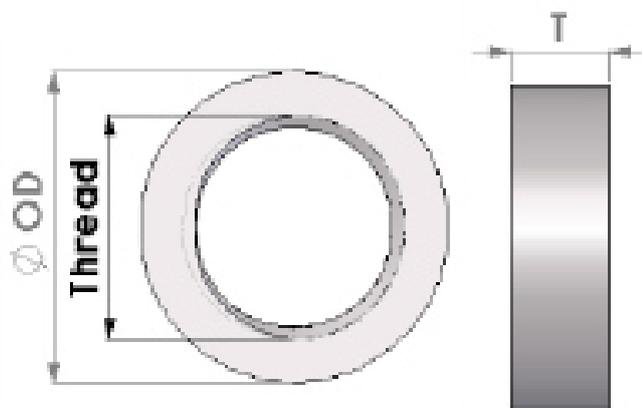
**FOTO 5: Empalme en posición tipo B Paralelo-rosca corta.**



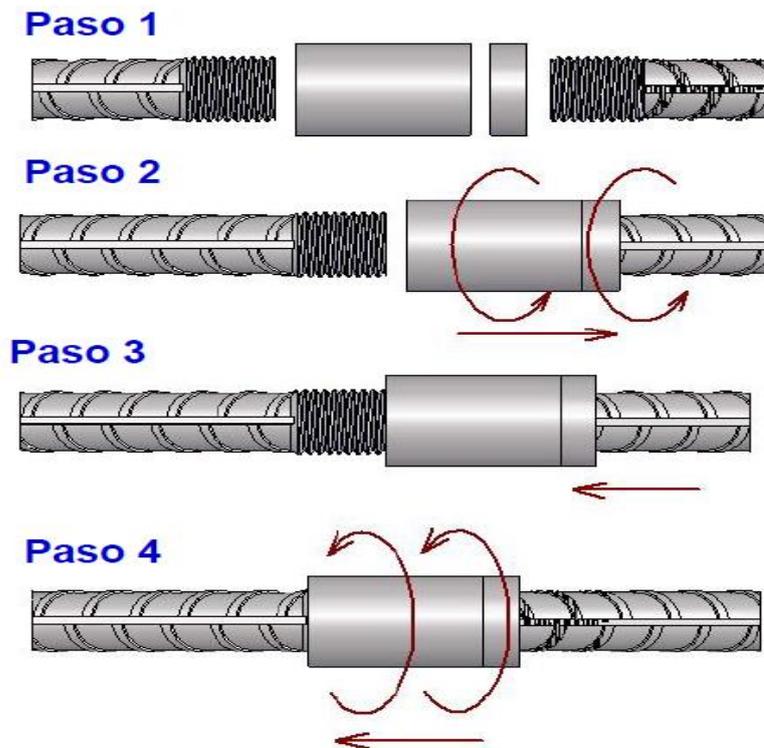
**FOTO 6: Empalme en posición tipo B Paralelo-rosca larga.**

### **C. EMPALME EN POSICIÓN TIPO C.**

Los empalmes de posición de Tipo C son conexiones de tipo B en las que se ha prolongado la rosca para incorporar una contratuerca. Su uso es ideal cuando la segunda barra está doblada y debe estar orientada hacia una dirección determinada.



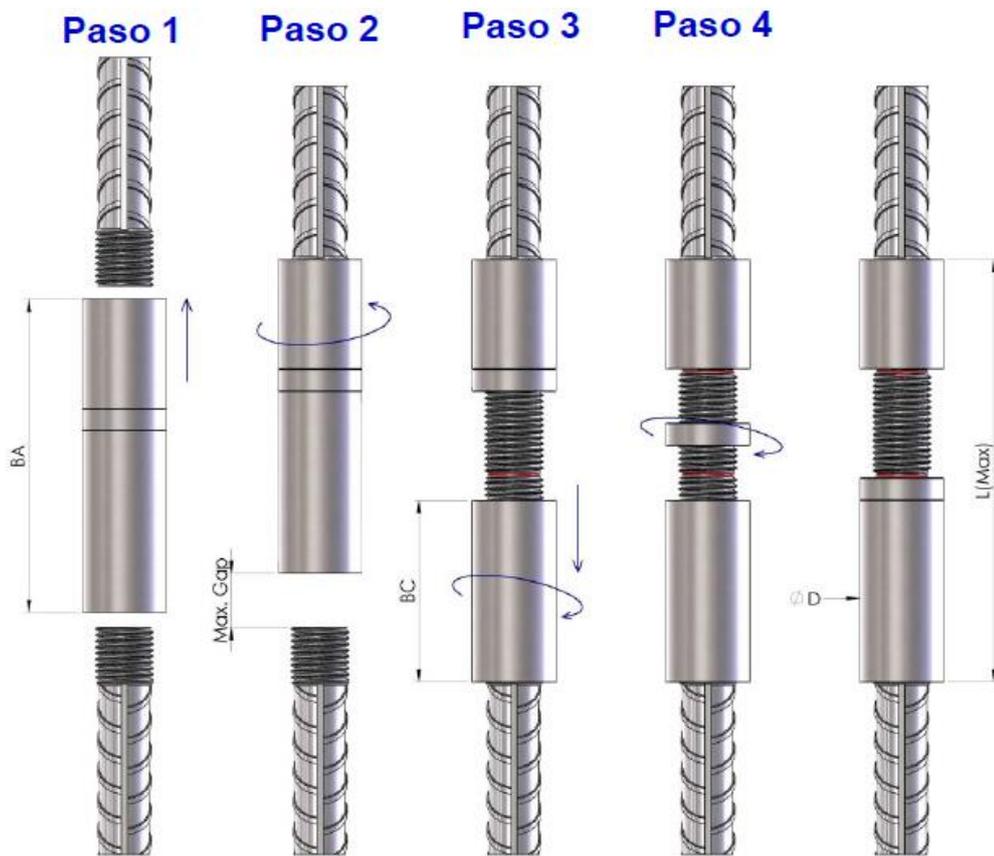
**Figura 16. Contratuerca para empalmes mecánicos Tipo C.**



**Figura 17. Empalme mecánico en posición Tipo C.**

#### **D. EMPALME EN POSICIÓN TIPO PUENTE**

Quando las barras no se pueden enfrentar a tope (como suele ocurrir a menudo en la prefabricación de jaulas), la respuesta la ofrecen los empalmes puentes. Ambas barras se enroscan, con rosca estándar, y un conjunto de ensamblaje puente se usa para conectarlas. El perno puente tiene en una extremidad una rosca hembra que se enrosca sobre una de las barras (de preferencia la barra superior en el caso de ensamblajes verticales). Para conectar ambas barras, el manguito puente se desenrosca del perno y se rosca en la segunda barra.



**Figura 18. Empalme mecánico en posición tipo puente.**

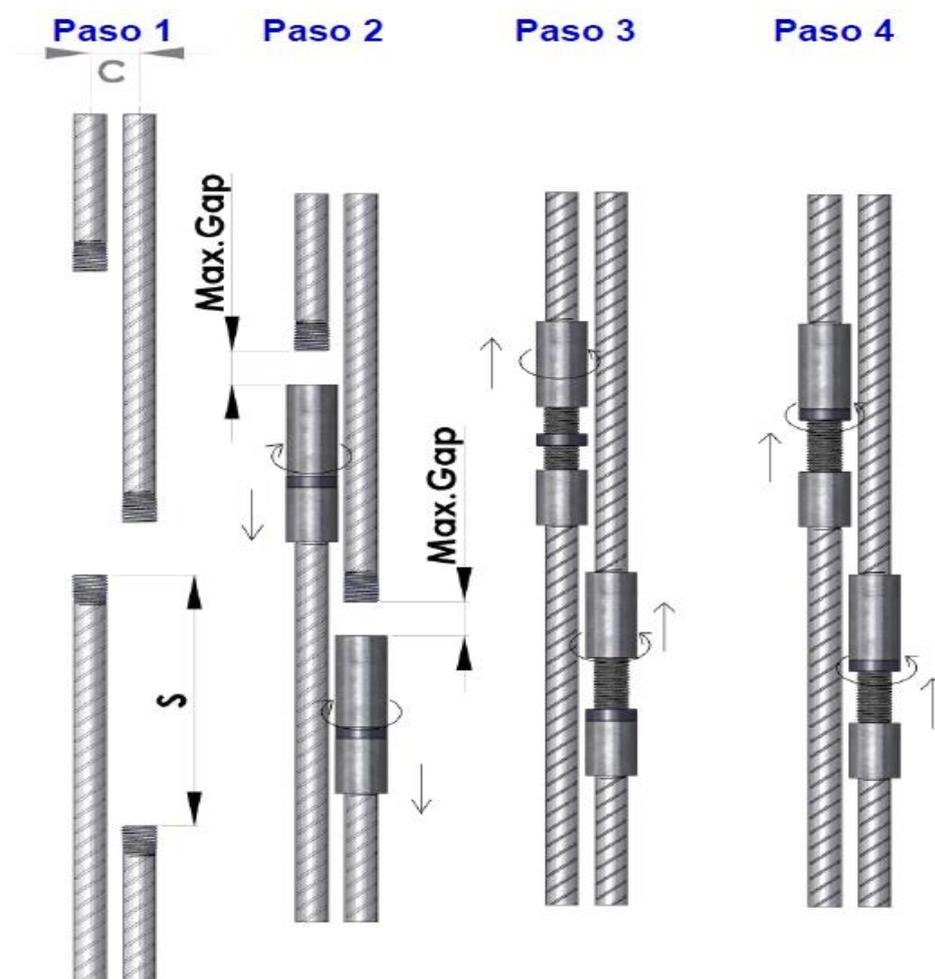


**Figura 19. Elementos para empalme tipo puente.**

## E. EMPALME EN POSICIÓN GRUPO

Para conectar en grupo con este sistema, hay que mantener un espacio mínimo entre los extremos de las barras para acomodar el espesor del manguito y hay que alternarlos para que el empalme puente no se vea obstruido por la barra vecina. Los valores mínimos de espaciado y de alternancia se encuentran en la tabla 5. La separación "C" se da a centros y la longitud de alternancia "S" se mide de extremo de barra a extremo de barra.

No hay necesidad de alternar las barras si la separación es mayor que el diámetro del manguito y la dimensión de la contratuerca.



**Figura 20. Empalme en posición grupo.**

CALIBRE	ESPACIO MINIMO C(mm)		ALTERNANCIA MINIMA S (mm)
	SIN ALTERNAR	ALTERNADO	
16	33	28	167
20	37	33	196
25	45	39	243
28	50	44	273
32	55	48	299
36	63	54	348
40	67	59	372
50	80	70	484

**Cuadro 5: Distancia y Alternancia para el empalme de grupo de barras.**



**FOTO 7: Empalme en grupo paralelo-rosca corta.**



**FOTO 8: Empalme en grupo paralelo-rosca larga.**

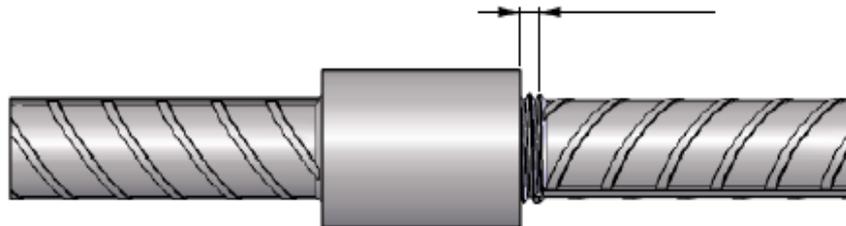
#### **2.3.4. LUZ ENTRE BARRAS AL EMPLEAR EMPALMES MECÁNICOS A ROSCA.**

Según Bartec (2019), el empalme mecánico se consigue enroscado el acoplador en una barra y después rotando la segunda barra de refuerzo dentro del acoplador. En oposición a las roscas cónicas, no se precisa el uso de llave dinamométrica y el fallo de montaje debido a roscado cruzado es imposible. Se deben seguir las instrucciones de montaje correctamente para su instalado. Las roscas paralelas isométricas tienen la misma resistencia a la tensión que a la compresión.

Así pues, el rendimiento en tracción del empalme no se verá afectado, aún cuando los dos extremos de las barras no estén en contacto directo el uno con el otro. Puesto que el índice de seguridad

de las longitudes de recubrimiento de la rosca está concebido para ser de al menos dos pasos, se permite un espacio entre ambas barras.

La inspección visual del empalme se realiza fácilmente:



**Figura 21. Máximo 2 Pasos visibles fuera del acoplador.**

Las barras que no estén correctamente alineadas podrán conectarse de todas formas si el desalineamiento está dentro de límites razonables, dependiendo de la longitud de la barra y de su rigidez. Las barras largas deberán estar siempre bien alineadas.

DESALINEAMIENTO APROXIMADO PERMITIDO (mm)		
CALIBRE	Barras <2m	Barras >=2m
12 a 16	10	18
18 a 20	10	15
22 a 28	8	15
32 a 36	0	5

**Cuadro 6: Desalineamiento aproximado permitido.**



**FOTO 9: Empalme a tope entre barras.**



**FOTO 10: Empalme con 5mm de luz entre barras**

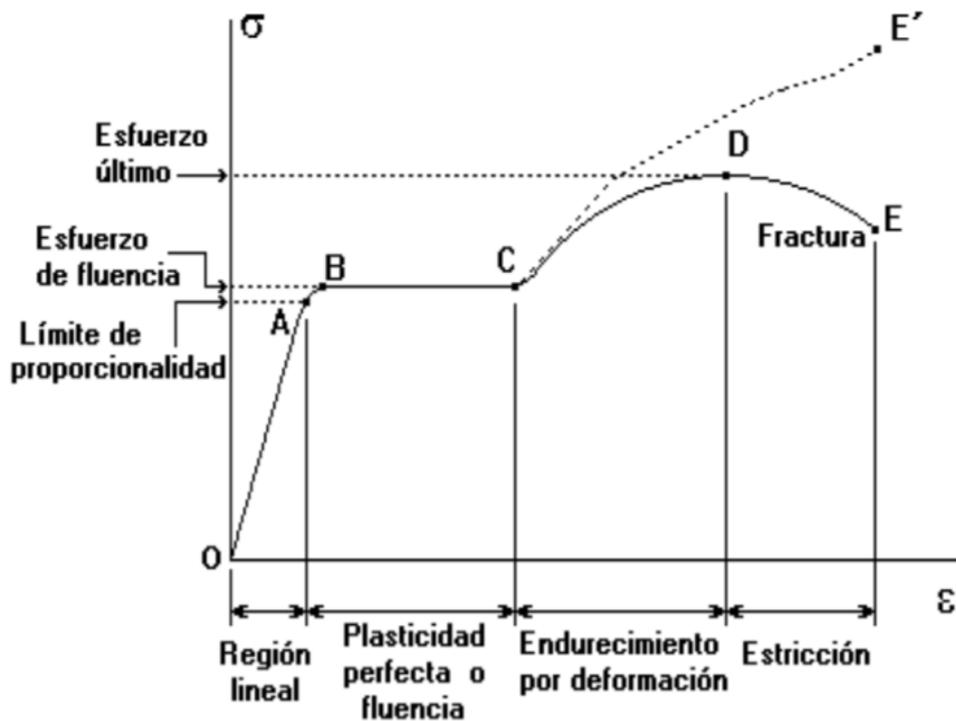


**FOTO 11: Montaje de pilotes**

### **2.3.5. CARACTERÍSTICAS DEL COMPORTAMIENTO A TRACCIÓN DEL ACERO**

#### **A. ENSAYO A TRACCIÓN.**

Las propiedades mecánicas de los materiales indican el comportamiento de un material cuando se encuentra sometido a fuerzas exteriores, como por ejemplo, un estiramiento del material por una fuerza externa a él. Es decir, un ensayo estático, que consiste en aplicar a la probeta, en dirección axial, un esfuerzo a tracción creciente, generalmente hasta la rotura, con el fin de determinar una o más de sus características mecánicas. (Balvatín,2018, p.10)



**Figura 22. Diagrama de Tracción.**

De acuerdo a la interpretación que indica Balvatín, es lo siguiente:

O: Comienzo de ensayo.

A: Límite de proporcionalidad.

B: Límite elástico aparente o superior de fluencia.

C: Incremento de la carga por endurecimiento.

D: Carga máxima.

E: Rotura

a) ZONA O-A: PERIODO ELÁSTICO, Se representa por una recta que pone de manifiesto la proporcionalidad entre alargamiento y carga que la produce, Ley de Hooke. Los aceros retoman su longitud inicial al cesar la carga no sobrepasando el punto A.

- b) ZONA A-B: ZONA DE ALARGAMIENTO, Se presenta un pequeño tramo ligeramente curvo que es prácticamente la continuación de la recta. Se les suma a los alargamientos elásticos una pequeña deformación que es incluso recuperable en el tiempo. Por lo tanto, al punto B se le denomina Limite Elástico aparente o superior de Fluencia.
- c) ZONA B-C: ZONA DE FLUENCIA, Comienzan oscilaciones a pequeños avances y retrocesos de la carga, dejando una importante deformación permanente del material, el mismo escurre sin aumento considerable de carga, las oscilaciones denotan que la fluencia no se produce simultáneamente en todo el material. Este fenómeno es una significativa característica de los aceros dúctiles.
- d) ZONA C-D: ZONA DE ALARGAMIENTO HOMOGENIO, Se produce luego de concluida la fluencia, por causa de la deformación se produce un efecto de endurecimiento conocido con el nombre "ACRITUD". El material al deformarse aumenta su capacidad de carga hasta un máximo que será el punto D, las deformaciones son grandes y en toda la pieza. Al llegar a D se concentran las deformaciones en una zona específica (estricción).
- e) ZONA D-E: ZONA DE ESTRICCIÓN, En este periodo la ACRITUD subsiste, pero no puede compensar la rápida disminución de algunas secciones transversales que sufre

la probeta, por lo tanto, desciende la carga hasta la fractura.

## **B. ESFUERZO DE FLUENCIA**

Es el indicio del esfuerzo máximo que se puede exponer en un elemento, sin causar una deformación plástica. Es el esfuerzo en el que un material manifiesta una deformación duradera específica y es una semejanza práctica al límite elástico. La fluencia es la deformación irrecuperable del espécimen, a partir de la cual únicamente se recobrará la parte de su alteración permanente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible. (Molaya, 2013, p.11)

## **C. ESFUERZO ÚLTIMO**

El esfuerzo último corresponde al máximo esfuerzo de ingeniería, es decir, la zona más elevada que se produce antes de la rotura o falla del elemento. (López, 2011, p.10).

## **D. ESFUERZO DE ROTURA**

Es el esfuerzo existente a fallar el material. La carga de rotura se distribuye en un área muy pequeña. (López, 2011, p.10)

## **2.4. MARCO CONCEPTUAL O GLOSARIO**

- **Acero de refuerzo:** Es un importante material para la industria de la construcción utilizado para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de este elemento, en conformidad con los diseños y detalles mostrados en los planos y especificaciones. El acero de refuerzo es el que se coloca para absorber y resistir esfuerzos provocados por cargas

y cambios volumétricos por temperatura y que queda dentro de la masa del concreto.

- **Acero/concreto:** Relación que permite analizar la rentabilidad del acero respecto al concreto o viceversa. Conocido también como cuantía.
- **Compresión:** Esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de fuerzas que actúan en el mismo sentido, y tienden a acortarlo.
- **Deformación unitaria neta en tracción:** Es cuando se alcanza la resistencia nominal, excluidas las deformaciones unitarias debidas al pre esforzado efectivo, flujo plástico, retracción y temperatura.
- **Empalme Mecánico Roscado:** Es el proceso de empalme con manguitos a rosca. Su uso facilita el proceso de empalme.
- **Empalme de Posición:** Es la forma más fácil de empalmar dos barras que no se puede girar, es una característica principal para tipo de posición.
- **Empalme posición tipo B:** Es el tipo de empalme usado, cuando una de las barras está fijada en insitu.
- **Empalme posición tipo B paralelo:** Este tipo de empalme es utilizado cuando se realiza empalmes en conjunto paralelamente con estructura pre armada.
- **Ensayo a tracción:** Es definir la resistencia elástica, resistencia última y plástica del material cuando se le somete a fuerzas uniaxiales. Es decir, someter a una probeta normalizada a un esfuerzo de tracción axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la misma. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada.

- **Estricción:** Es la reducción de la sección que sufre la probeta en la zona de rotura. El alargamiento y la estricción se usan para ver el grado de ductilidad del metal.
- **Fallas de separación:** Se refiere a las fallas producidas cuando en un elemento estructural se percibe separaciones mayores que las normales entre sus partículas. Estas fallas pueden ser parciales, cuando una estructura presenta fisuras o grietas o totales, cuando se muestra el colapso masivo de la misma.
- **Fuerzas de adherencia:** Mecanismo básico de transferencia de las solicitaciones que actúan desde el hormigón hacia el acero de refuerzo, y desde el acero de refuerzo hacia el hormigón.
- **Flexión:** Combinación de esfuerzos de compresión y de tracción. Mientras que las fibras superiores de la pieza están sometida a un esfuerzo de flexión (se alargan), las inferiores se acortan, o viceversa, produciendo una deformación a lo largo de su eje, que tiendan a doblarlo.
- **Límite de fluencia ( $F_y$ ):** Valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse el fenómeno de la cedencia o fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de transición entre la deformación elásticas y plásticas.
- **Longitud de desarrollo:** Longitud de embebido del refuerzo, incluyendo torones de pre esforzado, que se requiere para poder desarrollar la resistencia de diseño del refuerzo en una sección crítica.

- **Luz entre barras de refuerzo:** Es el espacio que existe entre barras, dentro del manguito ya empalmado. Ello es generado en el momento de realizar el empalme de estructuras pre armadas.
- **Manguito:** Es el material usado para empalmar entre dos piezas de acero corrugado en construcción.
- **Pre armado de acero:** Estructura armada antes de su instalado en insitu, delimitándose a completar con su armado después del montaje.
- **Pasos de roscado:** Se les conoce a los hilos paralelos expuestos después del roscado con el manguito. Donde indica la luz entre barras dentro del empalme.
- **Resistencia a tracción (Fu):** Máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse. Es sinónimo de carga de rotura de tracción. No se debe confundirse con la carga admisible.
- **Tensión:** Es la fuerza producido cuando en los extremos de una cuerda se aplican dos fuerzas iguales y contraías, la cuerda se pone tensa.
- **Tracción:** Esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo que se utilizará en el trabajo de investigación es **Aplicada**. “La investigación aplicada es el tipo de investigación en la cual el problema está establecido y es conocido por el investigador, por lo que utiliza la investigación para dar respuesta a preguntas específicas. En este tipo de investigación el énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas. Se centra específicamente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Su motivación va hacia la resolución de los problemas que se plantean en un momento dado. (Zoila V. 2008, p.18).

### **3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la presente investigación será **Experimental**. “El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa.” (Santa P. 2010, p.86).

### **3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Por ello, es preferible establecer tales características con claridad, con la finalidad de delimitar cuáles serán los parámetros muestrales. (Hernández R., 2018, p.198)

Nuestra población a investigar es la cantidad de 52 empalmes mecánicos que tienen una luz de 5mm entre barras.

### **3.3. TAMAÑO DE MUESTRA**

Una muestra es un subgrupo de la población o universo que te interesa, sobre la cual recolectarán los datos pertinentes, y deberá ser representativa de dicha población. (Hernández R., 2018, p.196).

Para nuestra investigación el tamaño de muestras es no probabilístico, el cual será dirigido a criterio del investigador.

Por lo tanto, para la siguiente investigación se tomaron 06 muestras con empalmes a rosca y generando una luz de 5mm entre las barras.

### 3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos es aplicar una o varios instrumentos de medición para recabar información pertinente de las variables del estudio en la muestra o casos seleccionados (personas, grupos, organizaciones, procesos, objetos, eventos, etc.) es decir; que implica elaborar un plan detallado de procedimientos que te conduzcan a reunir datos con un propósito específico. (Hernández R., 2018, p.226).

Para este proyecto de investigación se tomaron las siguientes técnicas:

- **Análisis Documental:** Esta técnica consiste en detectar, obtener y consultar bibliografía. Por ello, utilizamos esta técnica revisando normas, especificaciones técnicas, revistas, folletos, manuales, libros y tesis direccionado a nuestro tema de estudio.
- **Observación de campo no experimental:** Esta técnica usamos para observar nuestro variable de la luz de 5mm entre barras en su contexto natural. Utilizamos ficha de observación en campo.
- **Observación Experimental:** (Tomayo C., 2017, p.24) “La observación experimental se diferencia de la no experimental porque elabora datos en condiciones relativamente controladas por el investigador, particularmente porque éste puede manipular la o las variables.” Esta técnica nos permitirá a recopilar datos que se registrarán en el momento de nuestro Ensayo a Tracción aplicando

nuestras variables. Donde analizaremos la resistencia a tracción del acero, teniendo una luz de 5mm entre las barras.

TÉCNICA	INSTRUMENTO	DATOS QUE SE OBSERVARAN
Análisis Documental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas de recolección de datos.</li> </ul>	Nos permitirán determinar cómo la luz de 5mm entre barras, influirá en la resistencia a tracción del acero, al emplear empalmes mecánicos a rosca en posición tipo B paralelo, en los pilotes P27, P28 y Torres - Obra Puente Nanay – Punchana-Maynas-Loreto. 2020
Observación Experimental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoja o ficha de observación.</li> </ul>	Nos permitirán analizar experimentalmente la resistencia a tracción del acero, teniendo una luz de 5mm entre barras, al emplear empalmes en posición tipo B paralelo, en los pilotes P27, P28 y Torres, sometidos a tracción a través de probetas de ensayo - Obra Puente Nanay – Punchana- Maynas-Loreto. 2020.

Para la presente investigación se determinó que el tipo de muestreo a utilizar es no probabilístico, porque nuestras muestras se escogieron en base a criterio personal y de expertos. “Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por criterio estadístico de generalización. (Hernández R., 2018, p.200). Para la investigación se tienen dos diámetros de aceros los cuales son 1” y 1 3/8”, por lo que, ensayar tres de cada diámetro cumplirá con lo solicitado por la norma NTP 350.405.2020.

## CAPÍTULO IV.

### DESARROLLO DEL TEMA

#### 4.1. REGISTRO DE ENSAYO A TRACCIÓN POR LABORATORIO DE ACEROS AREQUIPA

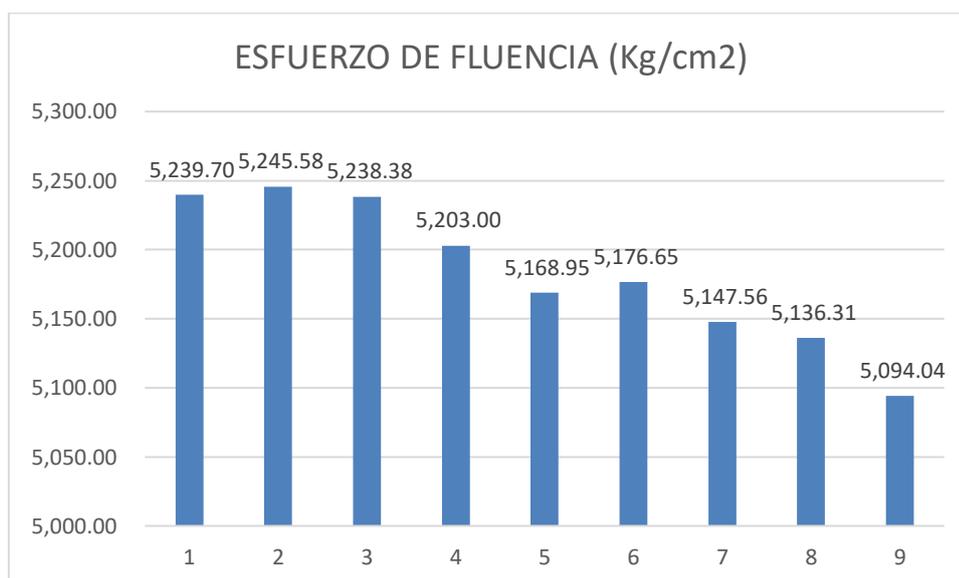
Se ha realizado el procesamiento de información según el Anexo N° 02 “Registro de Ensayo de tracción de Productos Terminados” que fue realizado por la propia empresa Aceros Arequipa para validar la calidad de sus productos en cuanto a los requerimientos que la norma peruana exige.

##### A. REGISTRO DEL ESFUERZO DE FLUENCIA EN ACEROS 1 3/8”

Muestra	Probeta	Diaméto mm	Área mm <sup>2</sup>	Fuerza de Fluencia N	Esfuerzo de Fluencia	
					Mpa	Kg/cm <sup>2</sup>
1.00	Z1	35.80	1,006.00	516,920.00	513.84	5,239.70
2.00	Z2	35.80	1,006.00	517,500.00	514.41	5,245.58
3.00	Z3	35.80	1,006.00	516,790.00	513.71	5,238.38
4.00	A1	35.80	1,006.00	513,300.00	510.24	5,203.00
5.00	A2	35.80	1,006.00	509,940.00	506.90	5,168.95
6.00	A3	35.80	1,006.00	510,700.00	507.65	5,176.65
7.00	A4	35.80	1,006.00	507,830.00	504.80	5,147.56
8.00	A5	35.80	1,006.00	506,720.00	503.70	5,136.31
9.00	A6	35.80	1,006.00	502,550.00	499.55	5,094.04

**Tabla N° 01. Registro del esfuerzo de la fluencia de 1 3/8”.**

En la Tabla N° 01, podemos observar el procesamiento de datos según el formato “Registro de Ensayo de Tracción de Productos Terminados” de Aceros Arequipa bajo la norma ASTM A706 para aceros grado 60, en donde se ha calculado el Esfuerzo a Fluencia de las barras de acero corrugado de 1 3/8”, este esfuerzo es calculado en Mega Pascales, según lo manifestado en la norma E 0.60 y en Kilogramos Fuerza por Centímetros cuadrados y para un entendimiento más práctico; donde fueron tomadas nueve muestras que fueron sometidas al ensayo a tracción; en donde como dato relevante se tomó la fuerza a fluencia; toda vez, que su importancia radica en que describir una deformación irre recuperable y el valor de diseño para las estructuras de concreto armado.



**Gráfico N° 01. Esfuerzo de fluencia de acero 1 3/8”.**

En el Gráfico N° 01, que es la representación gráfica del procesamiento de datos del Análisis de Fluencia en Acero de 1 3/8”, podemos observar la tendencia de los valores para el esfuerzo a fluencia, en donde tenemos un valor mínimo en la muestra N° 09 de

5094.04 kg/cm<sup>2</sup>, y un valor máximo en la muestra N° 02 de 5245.58 kg/cm<sup>2</sup>, valores que representan el esfuerzo donde el acero describe una deformación irre recuperable.

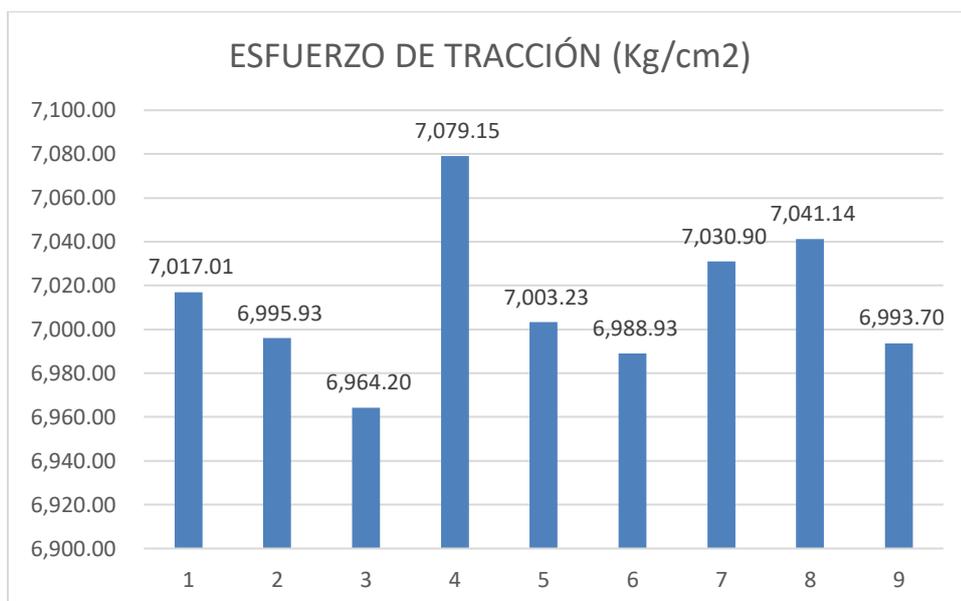
**B. REGISTRO DE LA TRACCIÓN EN ACEROS DE 1 3/8”**

Muestra	Probeta	Diámetro mm	Área mm <sup>2</sup>	Fuerza de Tracción N	Esfuerzo de Tracción	
					MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
1.00	Z1	35.80	1,006.00	692,260.00	688.13	7,017.01
2.00	Z2	35.80	1,006.00	690,180.00	686.06	6,995.93
3.00	Z3	35.80	1,006.00	687,050.00	682.95	6,964.20
4.00	A1	35.80	1,006.00	698,390.00	694.22	7,079.15
5.00	A2	35.80	1,006.00	690,900.00	686.78	7,003.23
6.00	A3	35.80	1,006.00	689,490.00	685.38	6,988.93
7.00	A4	35.80	1,006.00	693,630.00	689.49	7,030.90
8.00	A5	35.80	1,006.00	694,640.00	690.50	7,041.14
9.00	A6	35.80	1,006.00	689,960.00	685.84	6,993.70

***Tabla N° 02. Registro del esfuerzo a tracción de 1 3/8”.***

En la Tabla N° 02, podemos observar el procesamiento de datos según el formato “Registro de Ensayo de Tracción de Productos Terminados” de Aceros Arequipa bajo la norma ASTM A706 para aceros grado 60, en donde se ha calculado el Esfuerzo a Tracción de las barras de acero corrugado de 1 3/8”, este esfuerzo es calculado en Mega Pascales, según lo manifestado en la norma E 0.60 y en Kilogramos Fuerza por Centímetros Cuadrados y para un entendimiento más práctico; donde fueron tomadas nueve muestras que fueron sometidas al ensayo a tracción; en donde como dato relevante se tomó la máxima fuerza de tracción a la rotura; toda vez, que su importancia radica en ser un dato del análisis estructural que es aplicado en el diseño de Concreto Armado; y en la relación R/Fy

(Resistencia a la Tracción/Límite de Fluencia) que la Norma E0.60 nos pide conocer.



**Gráfico N° 02. Esfuerzo de Tracción acero 1 3/8".**

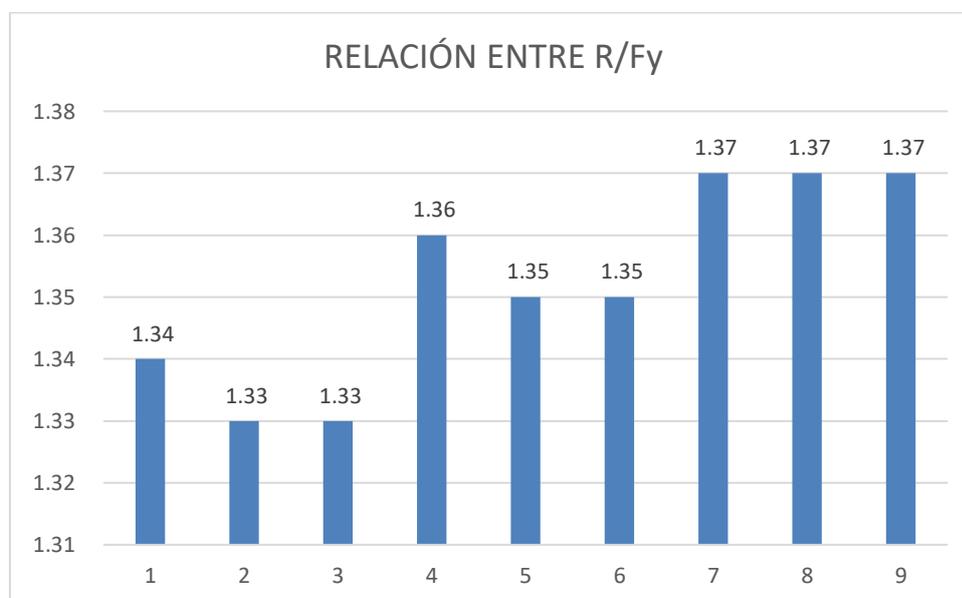
En el Gráfico N° 02, que es la representación gráfica del procesamiento de datos del Análisis de Tracción en Acero de 1 3/8", podemos observar la variación en el esfuerzo a Tracción, en donde tenemos los valores de la muestra N°04 con 7079.15 kg/cm2 y la muestra N° 03 con 6964.20kg/cm2 como los esfuerzos más altos y más bajos respectivamente donde el acero llego a la rotura.

### C. REGISTRO DE LA RELACIÓN R/Fy EN ACEROS DE 1 3/8"

Muestra	Probeta	Diámetro mm	Área mm2	Esfuerzo de Fluencia		Esfuerzo de Tracción		R/Fy
				MPa	Kg/cm2	MPa	Kg/cm2	
1.00	Z1	35.80	1,006.00	513.84	5,239.70	688.13	7,017.01	1.34
2.00	Z2	35.80	1,006.00	514.41	5,245.58	686.06	6,995.93	1.33
3.00	Z3	35.80	1,006.00	513.71	5,238.38	682.95	6,964.20	1.33
4.00	A1	35.80	1,006.00	510.24	5,203.00	694.22	7,079.15	1.36
5.00	A2	35.80	1,006.00	506.90	5,168.95	686.78	7,003.23	1.35
6.00	A3	35.80	1,006.00	507.65	5,176.65	685.38	6,988.93	1.35
7.00	A4	35.80	1,006.00	504.80	5,147.56	689.49	7,030.90	1.37
8.00	A5	35.80	1,006.00	503.70	5,136.31	690.50	7,041.14	1.37
9.00	A6	35.80	1,006.00	499.55	5,094.04	685.84	6,993.70	1.37

**Tabla N° 03. Registro de la Relación R/Fy en aceros de 1 3/8".**

En la Tabla N° 03, podemos observar el procesamiento de datos según el formato “Registro de Ensayo de Tracción de Productos Terminados” de Aceros Arequipa bajo la norma ASTM A706 para aceros grado 60, en donde se ha calculado la relación entre la Resistencia a Tracción y Esfuerzo de la Fluencia (R/Fy) de las barras de acero corrugado de 1 3/8”, esta relación es adimensional, según lo manifestado en la norma E 0.60 y las especificaciones que Aceros Arequipa brinda, esta relación deberá ser mayor de lo que los documentos antes mencionados refieren.



**Gráfico N° 03. Relación R/Fy en aceros de 1 3/8”.**

En el Gráfico N° 03, que es la representación gráfica del procesamiento de datos del Análisis de Tracción en Acero de 1 3/8”, podemos observar la variación en la relación entre el Esfuerzo Tracción y el de la Fluencia (R/Fy), en donde tenemos los valores de la muestra N°02 y N°03 con 1.33 y la muestra N° 07, N°08 y N°09 con 1.37 como las relaciones más bajas y más altas respectivamente.

**D. ANÁLISIS DEL ESFUERZO DE FLUENCIA ENSAYADOS EN ACEROS DE 1 3/8"**

ANÁLISIS DEL ESFUERZO DE FLUENCIA									
Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Mediana (kg/cm <sup>2</sup> )	Varianza (kg <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup> )	Desv. Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Coef. Variación (%)	Min. (kg/cm <sup>2</sup> )	Max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Rango (kg/cm <sup>2</sup> )	Sesgo	Curtosis
5,183.35	5,176.65	2,773.12	52.66	1.02	5,094.04	5,245.58	151.54	0.38	-0.93

**Tabla N° 04. Análisis del esfuerzo de Fluencia**

De la tabla N° 04, podemos observar respecto a la Fluencia de la barra de acero que, la Media es de 5183.35 kg/cm<sup>2</sup>, la Mediana es de 5176.65 kg/cm<sup>2</sup>, la Varianza es de 2773.12 kg<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>, la Desviación estándar es de 52.66 kg/cm<sup>2</sup>, se tiene un Coeficiente de Variación de 1.02%, un Rango que varía en 151.54 Kg/cm<sup>2</sup>, un Sesgo de 0.38 y una Curtosis de -0.93.

**E. ANÁLISIS DEL ESFUERZO A TRACCIÓN EN ACEROS DE 1 3/8"**

ANÁLISIS DEL ESFUERZO A TRACCIÓN									
Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Mediana (kg/cm <sup>2</sup> )	Varianza (kg <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup> )	Desv. Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Coef. Variación (%)	Min. (kg/cm <sup>2</sup> )	Max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Rango (kg/cm <sup>2</sup> )	Sesgo	Curtosis
7,012.69	7,003.23	1,152.85	33.95	0.48	6,964.20	7,079.15	114.95	0.84	0.74

**Tabla N° 05. Análisis del Esfuerzo a Tracción.**

De la tabla N° 05, podemos observar respecto a la Resistencia a Tracción de la barra de acero que, la Media es de 7012.69 kg/cm<sup>2</sup>, la Mediana es de 7003.23 kg/cm<sup>2</sup>, la Varianza es de 1152.85 kg<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>, la desviación estándar es de 33.95 kg/cm<sup>2</sup>, se tiene un Coeficiente de Variación de 0.48%, un Rango que varía en 114.95 Kg/cm<sup>2</sup>, un Sesgo de 0.84 y una Curtosis de 0.74.

## F. ANÁLISIS DE LA RELACIÓN R/Fy EN ACEROS DE 1 3/8"

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN R/Fy									
Media (kg/cm <sup>2</sup> )	Mediana (kg/cm <sup>2</sup> )	Varianza (kg <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup> )	Desv. Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Coef. Variación (%)	Min. (kg/cm <sup>2</sup> )	Max. (kg/cm <sup>2</sup> )	Rango (kg/cm <sup>2</sup> )	Sesgo	Curtosis
1.35	1.35	0.0003	0.02	1.21	1.33	1.37	0.04	0.41	- 1.57

**Tabla N° 06. Análisis de Relación R/Fy .**

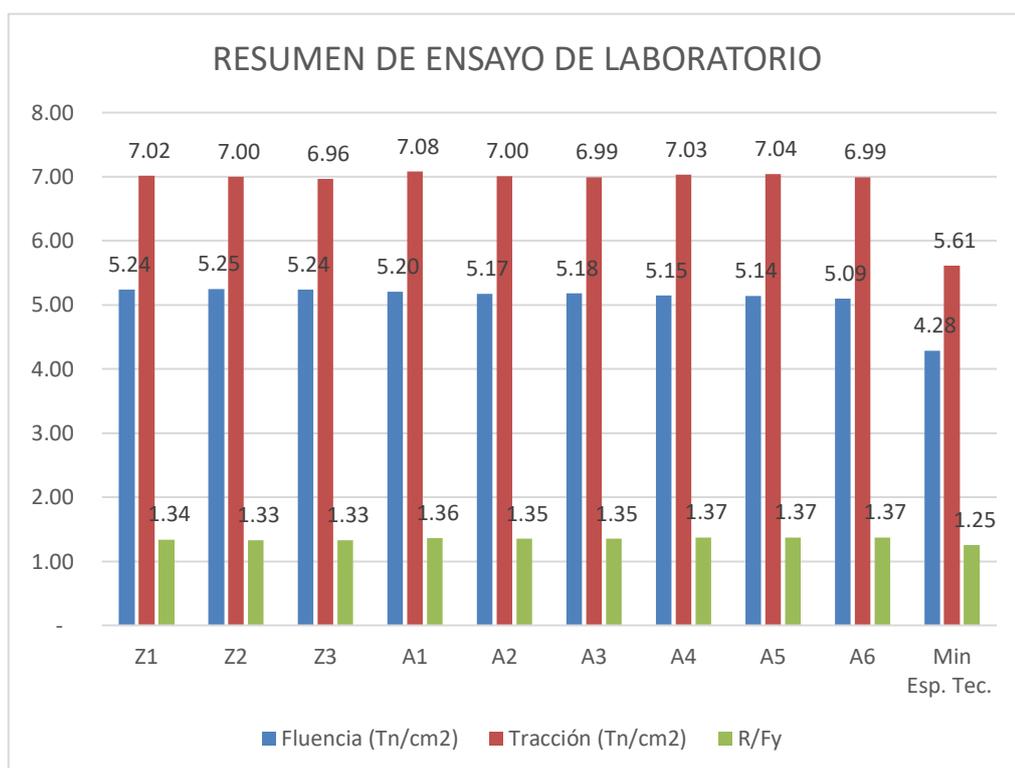
De la tabla N°06, podemos observar respecto a la Relación entre El Esfuerzo a Tracción y la Fluencia de la barra de acero que, la Media y la Mediana son de 1.35, la Varianza es de 0.0003, la Desviación estándar es de 0.02, se tiene un Coeficiente de Variación de 1.21%, un Rango que varía en 0.04, un Sesgo de 0.41 y una Curtosis de -1.57.

## G. RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE A.A.

Muestra	Probeta	Fluencia	Tracción	R/Fy
		Tn/cm <sup>2</sup>	Tn/cm <sup>2</sup>	
1.00	Z1	5.24	7.02	1.34
2.00	Z2	5.25	7.00	1.33
3.00	Z3	5.24	6.96	1.33
4.00	A1	5.20	7.08	1.36
5.00	A2	5.17	7.00	1.35
6.00	A3	5.18	6.99	1.35
7.00	A4	5.15	7.03	1.37
8.00	A5	5.14	7.04	1.37
9.00	A6	5.09	6.99	1.37
10.00	Min Esp. Tec.	4.28	5.61	1.25
11.00	Max Esp. Tec.	5.51	-	-

**Tabla N° 07. Resumen de ensayos de laboratorio A.A.**

De la tabla N°07, podemos observar la compilación de ensayos respecto a la Fluencia (Tn/cm<sup>2</sup>), Tracción (Tn/cm<sup>2</sup>) y la relación R/Fy; adicionalmente en la Muestra N°10 encontramos el valor mínimo que las especificaciones técnicas de Aceros Arequipa recomiendan para la Fluencia: 4.28 Tn/cm<sup>2</sup>, Tracción: 5.61 Tn/cm<sup>2</sup> y la relación R/Fy:1.25; y en la Muestra N°11 encontramos el valor máximo para Fluencia: 5.51 Tn/cm<sup>2</sup>, no aplicando valores máximos para la Tracción ni la relación R/Fy.



**Gráfico N° 04. Resumen de ensayo de laboratorio A.A.**

En el Gráfico N° 04, que es la compilación de los ensayos de laboratorio y las especificaciones técnicas mínimas del fabricante, podemos ver que el valor máximo de la Fluencia es 5.25 Tn/cm<sup>2</sup> el valor mínimo de Fluencia es 5.09 Tn/cm<sup>2</sup>, el valor máximo de la Tracción es 7.08 Tn/cm<sup>2</sup> el valor mínimo de Fluencia es 6.96 Tn/cm<sup>2</sup>

y el valor máximo de la Relación R/Fy es 1.37 y el valor mínimo de la relación R/Fy es de 1.33.

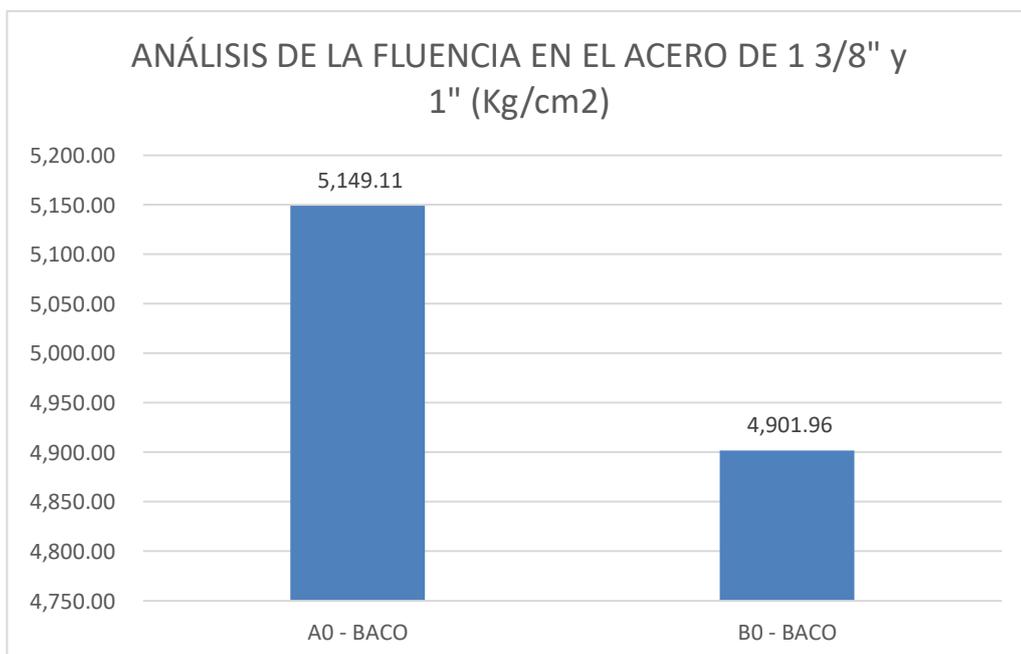
#### 4.2. REGISTRO DE ENSAYO A TRACCIÓN POR EL LABORATORIO DE UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.

##### A. REGISTRO DEL ESFUERZO DE FLUENCIA SIN CONECTOR MECÁNICO

Muestra	Diam	Sección mm <sup>2</sup>	Carga Límite de Fluencia		Esfuerzo de Fluencia	
	Pulg		Kg	KN	Kg/mm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
A0 - BACO	1 3/8"	1,006.00	51,800.00	508.16	51.49	5,149.11
B0 - BACO	1"	510.00	25,000.00	245.25	49.02	4,901.96

**Tabla N° 08. Registro del esfuerzo de fluencia sin conector 1 3/8" y 1"**

De la tabla N°08, podemos observar los resultados del ensayo a tracción realizado a dos barras de acero, siendo la carga límite de fluencia máxima de 51800 Kg y 25000 kg y los Esfuerzos de Fluencia de 51149 kg/cm<sup>2</sup> y 4901.96 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente para la barra de 1 3/8" y 1". Estos registros se muestran en Anexo N° 03.



**Gráfico N° 05. Esfuerzo de fluencia sin conector del 1 3/8" y 1".**

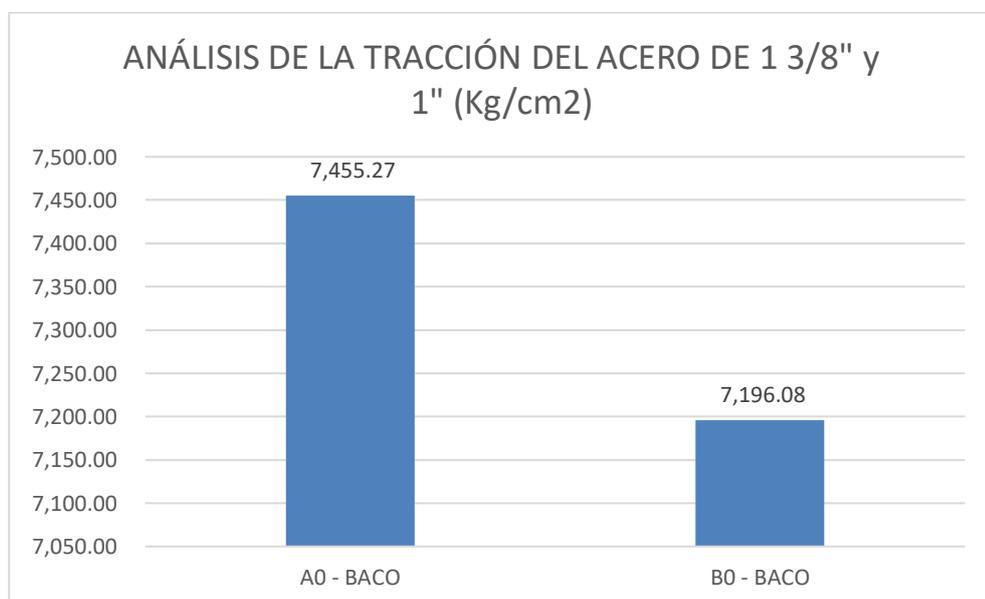
En el Gráfico N° 05, que es el resultado del ensayo a tracción en aceros sin conector mecánico para barra de 1 3/8" y de 1", podemos observar la variación entre el esfuerzo de fluencia, siendo el valor de 5149.11 kg/cm<sup>2</sup> y el valor de 4901.96 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

## B. REGISTRO DEL ESFUERZO A TRACCIÓN SIN CONECTOR MECÁNICO

Muestra	Diam	Sección	Carga Máxima		Resistencia de la Tracción	
	Pulg	mm <sup>2</sup>	Kg	KN	Kg/mm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
AO - BACO	1 3/8"	1,006.00	75,000.00	735.75	74.55	7,455.27
BO - BACO	1"	510.00	36,700.00	360.03	71.96	7,196.08

**Tabla N° 09. Registro de esfuerzo a tracción sin conector 1 3/8" y 1".**

De la tabla N°09, podemos observar los resultados del ensayo a tracción realizado a dos barras de acero, siendo la carga límite de tracción máxima de 75000 Kg y 36700 kg; y los Esfuerzos de Tracción de 7455.27 kg/cm<sup>2</sup> y 7196.08 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente para la barra de 1 3/8" y 1"; cabe señalar que el acero de 1 3/8" no fue llevado hasta la rotura debido a la máxima capacidad del equipo del laboratorio.



**Gráfico N° 06. Esfuerzo a Tracción sin conector de 1 3/8" y 1".**

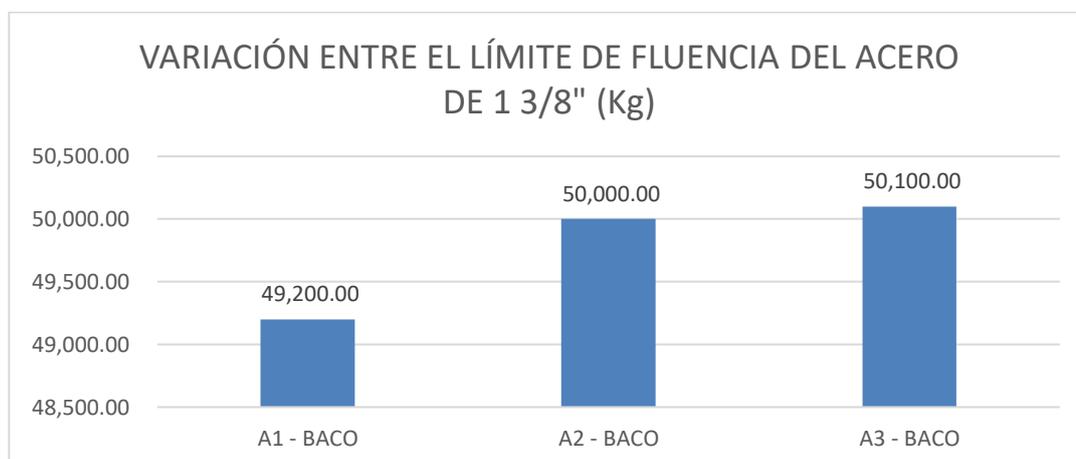
En el Gráfico N° 06, que es el resultado del ensayo a tracción en aceros sin conector mecánico para barra de 1 3/8" y de 1", podemos observar la variación entre el esfuerzo a la resistencia de tracción, siendo el valor de 7455.27 kg/cm<sup>2</sup> y el valor de 7196.08 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

### C. REGISTRO DEL ESFUERZO DE FLUENCIA Y TRACCIÓN CON CONECTOR MECÁNICO DEL ACERO 1 3/8"

Muestra	Diam	Sección mm <sup>2</sup>	Carga Límite de Fluencia		Carga Máxima		Observación
	Pulg		Kg	KN	Kg	KN	
A1 - BACO	1 3/8"	1,006.00	49,200.00	482.50	65,000.00	637.40	Sin rotura
A2 - BACO	1 3/8"	1,006.00	50,000.00	490.30	65,200.00	639.40	Sin rotura
A3 - BACO	1 3/8"	1,006.00	50,100.00	491.30	65,000.00	637.40	Sin rotura

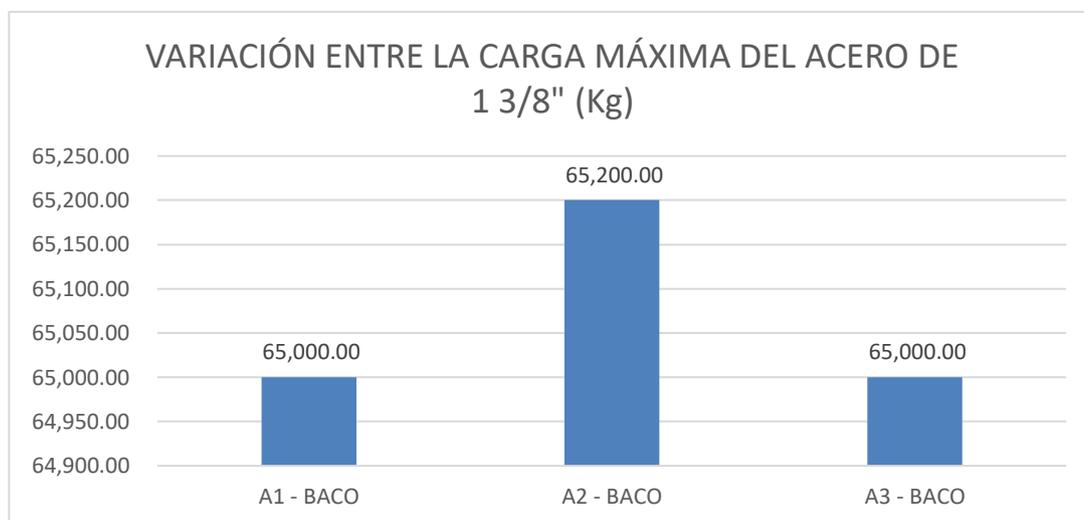
**Tabla N° 10. Registro del esfuerzo de fluencia y tracción con conector mecánico de 1 3/8"**

De la tabla N°10, podemos observar los resultados del ensayo a tracción realizado a barras de 1 3/8" con conector mecánico, siendo la carga límite de fluencia máxima de 50100 Kg y la mínima de 49200 kg; y la carga máxima de tracción de 65000 kg y 65000 kg como mínimo; cabe señalar que el acero de 1 3/8" no fue llevado hasta la rotura debido a la máxima capacidad del equipo del laboratorio.



**Gráfico N° 07. Variación entre la carga de fluencia.**

En el Gráfico N° 07, que es la representación gráfica de la variación en el límite de fluencia obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1 3/8" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo la carga límite de fluencia máxima de 50100 Kg y la mínima de 49200 kg, la carga promedio es de 49766.67 Kg.



**Gráfico N° 08. Variación entre la carga máxima.**

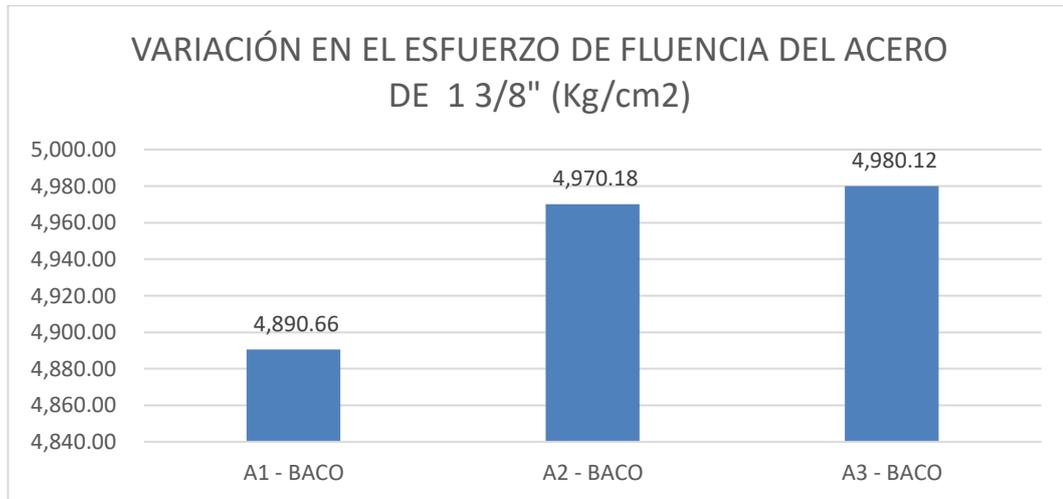
En el Gráfico N° 08, que es la representación gráfica de la variación en el límite de tracción obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1 3/8" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo la carga límite de tracción máxima de 65200 Kg y la mínima de 65000 kg, la carga promedio es de 65066.67 Kg.

Muestra	Diam	Sección	Fluencia		Tracción		R/Fy	Observación
	Pulg	mm2	Kg	Kg/cm2	Kg	Kg/cm2		
A1 - BACO	1 3/8"	1,006.00	49,200.00	4,890.66	65,000.00	6,461.23	1.32	Sin rotura
A2 - BACO	1 3/8"	1,006.00	50,000.00	4,970.18	65,200.00	6,481.11	1.30	Sin rotura
A3 - BACO	1 3/8"	1,006.00	50,100.00	4,980.12	65,000.00	6,461.23	1.30	Sin rotura

**Tabla N° 11. Variación de fluencia y tracción con conector de 1 3/8".**

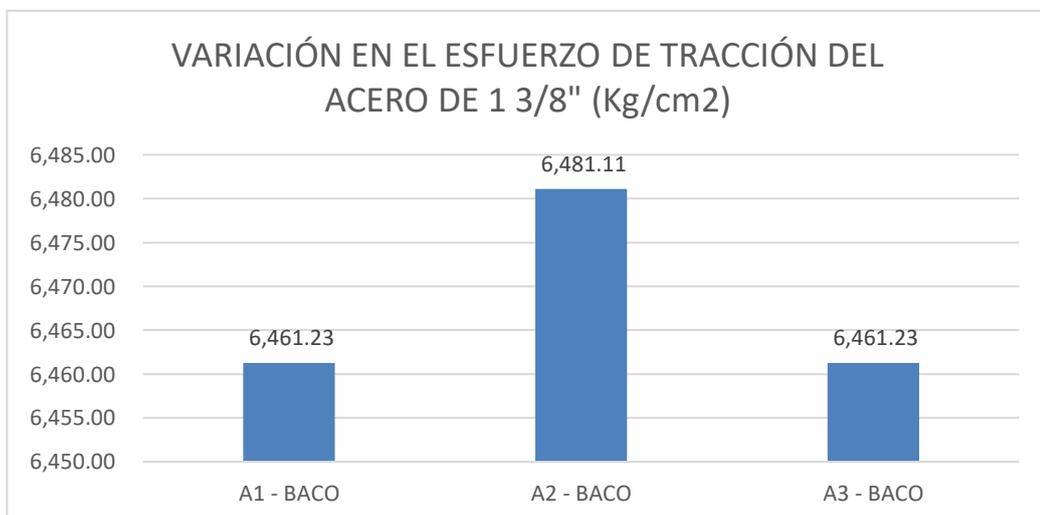
De la tabla N°11, podemos observar los resultados del ensayo a tracción realizado a barras de 1 3/8" con conector mecánico, siendo

la fluencia máxima de 4980.12 Kg/cm<sup>2</sup> y la mínima de 4890.66 kg/cm<sup>2</sup>; y máxima de tracción de 6781.11 kg/cm<sup>2</sup> y 6461.23 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo; cabe señalar que el acero de 1 3/8" no fue llevado hasta la rotura debido a la máxima capacidad del equipo del laboratorio.



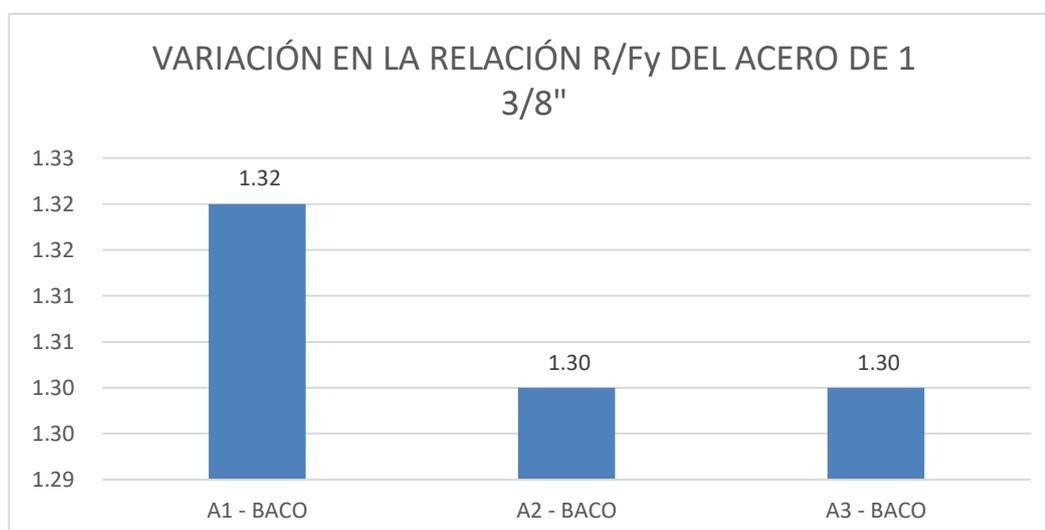
**Gráfico N° 09. Variación de esfuerzo a fluencia.**

En el Gráfico N° 09, que es la representación gráfica de la variación en el límite de fluencia obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1 3/8" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo la fluencia máxima de 4980.12 Kg/cm<sup>2</sup> y la mínima de 4890.66 kg/cm<sup>2</sup>, el esfuerzo de fluencia promedio es de 4946.99 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Gráfico N° 10. Variación de esfuerzo a tracción.**

En el Gráfico N° 10, que es la representación gráfica de la variación en el límite de tracción obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1 3/8" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo la tracción máxima de 6481.11 Kg/cm<sup>2</sup> y la mínima de 6461.23 kg/cm<sup>2</sup>, el esfuerzo de tracción promedio es de 6467.86 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Gráfico N° 11. Variación de la relación R/F<sub>y</sub>.**

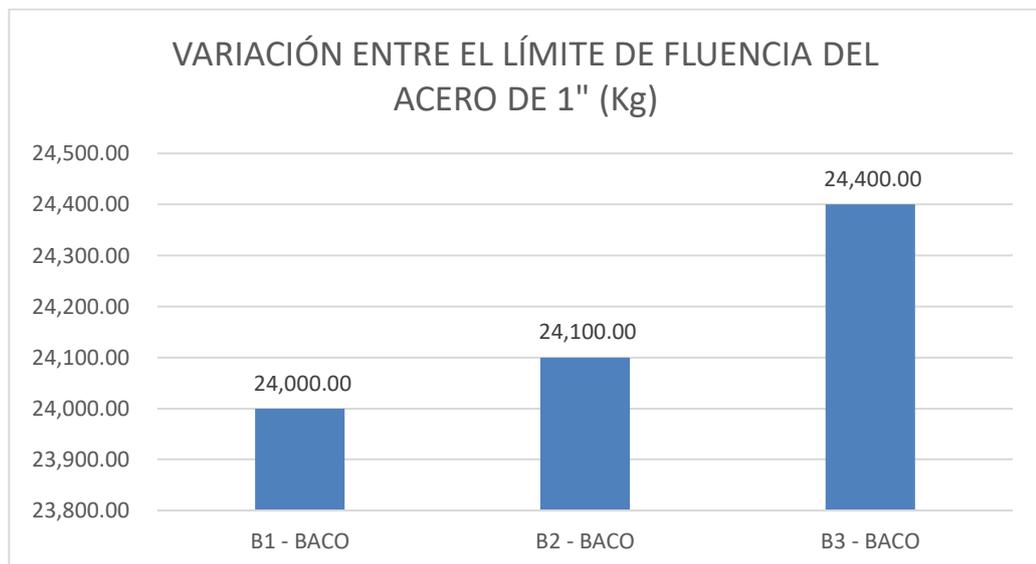
En el Gráfico N° 11, que es la representación gráfica de la variación en la relación entre el esfuerzo a tracción y el de la fluencia obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1 3/8" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo el mayor valor de 1.32 y el mínimo de 1.30.

#### D. REGISTRO DEL ESFUERZO DE FLUENCIA Y TRACCIÓN EN ACEROS DE 1"

Muestra	Diam	Sección	Límite de Fluencia		Carga Máxima		Observación	Distancia al Conector
	Pulg	mm <sup>2</sup>	Kg	KN	Kg	KN		mm
B1 - BACO	1"	510.00	24,000.00	235.40	37,100.00	363.80	Con rotura	251.00
B2 - BACO	1"	510.00	24,100.00	236.30	36,700.00	359.90	Con rotura	223.00
B3 - BACO	1"	510.00	24,400.00	239.30	36,600.00	358.90	Con rotura	274.00

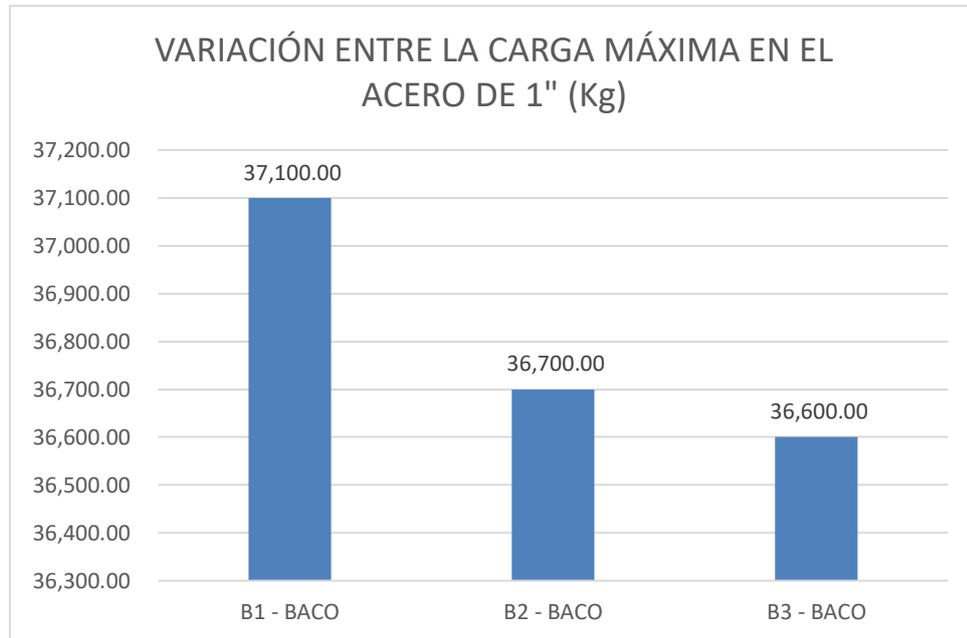
**Tabla N° 12. Ensayo a tracción de acero 1" con conector.**

De la tabla N°12, podemos observar los resultados del ensayo a tracción realizado a barras de 1" con conector mecánico, siendo la carga límite de fluencia máxima de 24400 Kg y la mínima de 24000 kg; y la carga máxima de tracción de 37100 kg y 36600 kg como mínimo; la distancia de rotura al conector mecánico máximo es de 274.00mm y la mínima de 223mm.



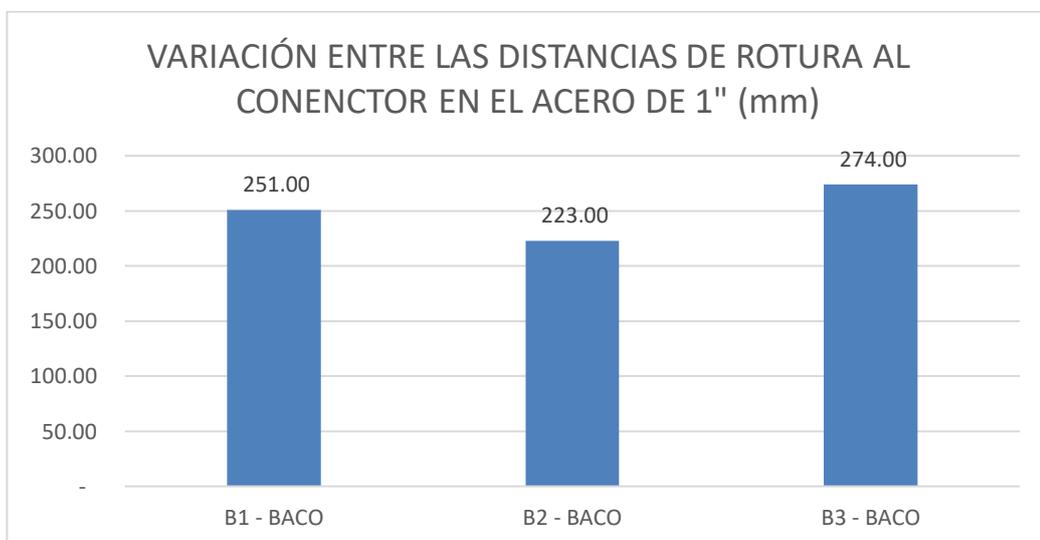
**Gráfico N° 12. Variación de límite de fluencia del acero 1".**

En el Gráfico N° 12, que es la representación gráfica de la variación en el límite de fluencia obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo la carga límite de fluencia máxima de 24400 Kg y la mínima de 24000 kg, la carga promedio es de 24166.67 Kg.



**Gráfico N° 13. Variación de carga máxima del acero 1".**

En el Gráfico N° 13, que es la representación gráfica de la variación en el límite de tracción obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo la carga límite de tracción máxima de 37100 Kg y la mínima de 36600 kg, la carga promedio es de 36800 Kg.



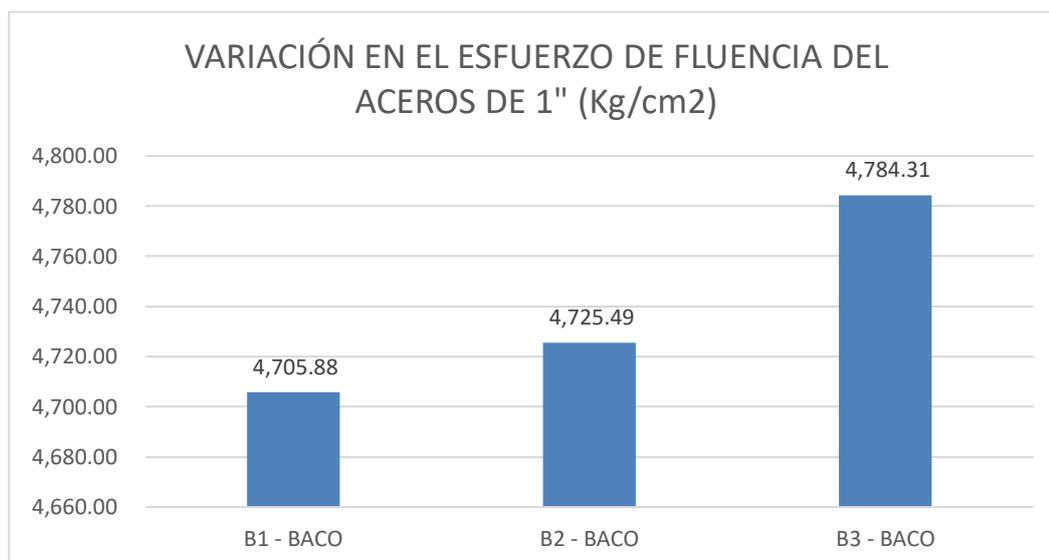
**Gráfico N° 14. Variación de la distancia a rotura del acero 1".**

En el Gráfico N° 14, que es la representación gráfica de la variación en la distancia a rotura al conector obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo la distancia máxima de 274mm y la mínima de 223mm, la distancia promedio es de 249.33 mm.

Muestra	Diam	Sección mm <sup>2</sup>	Fluencia		Tracción		R/Fy
	Pulg		Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	
B1 - BACO	1"	510.00	24,000.00	4,705.88	37,100.00	7,274.51	1.55
B2 - BACO	1"	510.00	24,100.00	4,725.49	36,700.00	7,196.08	1.52
B3 - BACO	1"	510.00	24,400.00	4,784.31	36,600.00	7,176.47	1.50

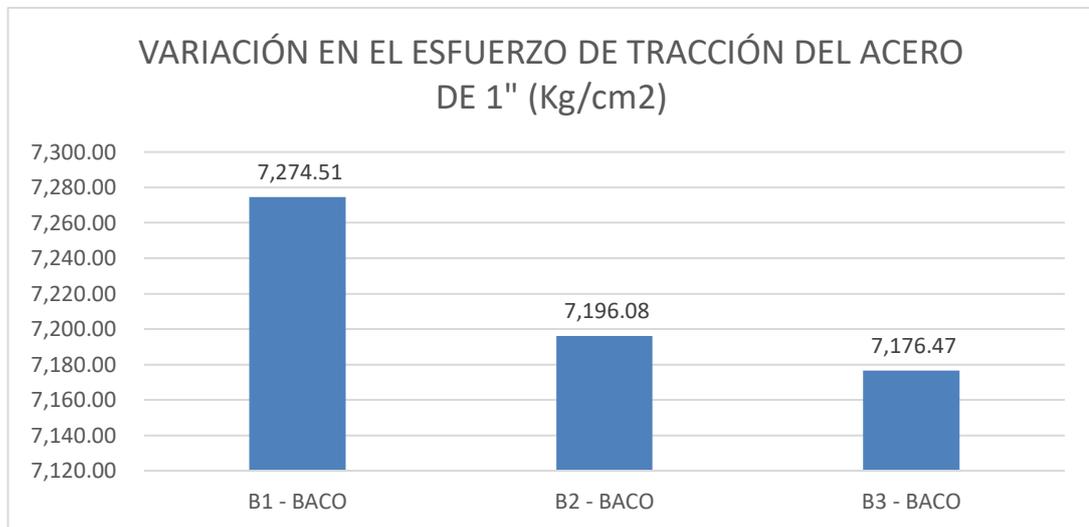
**Tabla N° 13. Variación en fluencia y tracción del acero 1" con conector.**

De la tabla N°13, podemos observar los resultados del ensayo a tracción realizado a barras de 1" con conector mecánico, siendo la fluencia máxima de 4784.31 Kg/cm<sup>2</sup> y la mínima de 4705.88 kg/cm<sup>2</sup>; y máxima de tracción de 7274.51 kg/cm<sup>2</sup> y 7476.47 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo.



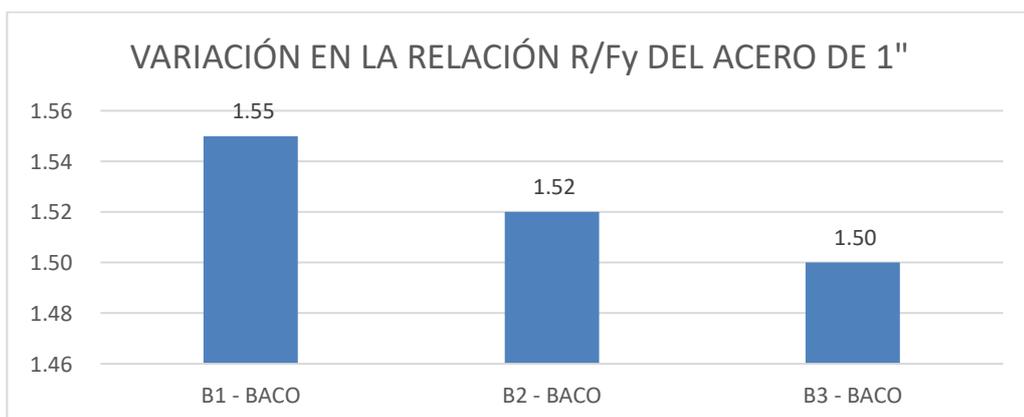
**Gráfico N° 15. Variación en el esfuerzo de fluencia de acero 1" Kg/cm<sup>2</sup>.**

En el Gráfico N° 15, que es la representación gráfica de la variación en el límite de fluencia obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo la fluencia máxima de 4784.31 Kg/cm<sup>2</sup> y la mínima de 4705.88 kg/cm<sup>2</sup>, el esfuerzo de fluencia promedio es de 4738.56 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Gráfico N° 16. Variación en el esfuerzo a tracción de acero 1" Kg/cm<sup>2</sup>.**

En el Gráfico N° 16, que es la representación gráfica de la variación en el límite de tracción obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo la tracción máxima de 7274.51 Kg/cm<sup>2</sup> y la mínima de 7176.47 kg/cm<sup>2</sup>, el esfuerzo de tracción promedio es de 7215.69 Kg/cm<sup>2</sup>.



**Gráfico N° 17. Variación en la relación R/Fy del acero 1" Kg/cm<sup>2</sup>.**

En el Gráfico N° 17, que es la representación gráfica de la variación en la relación entre el esfuerzo a tracción y el de la fluencia obtenido del Análisis de Tracción en Acero de 1" empleando conectores mecánicos, podemos ver que siendo el mayor valor de 1.55, el mínimo de 1.50 y el promedio de 1.52.

## **CAPÍTULO V.**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

#### **5.1. ANÁLISIS DEL REGISTRO DE ENSAYO A TRACCIÓN POR EL LABORATORIO DE ACEROS AREQUIPA**

##### **A. ANÁLISIS DEL REGISTRO DEL ESFUERZO DE FLUENCIA EN ACEROS DE 1 3/8"**

De la Tabla N°01, podemos observar que luego de haber procesado los datos que Aceros Arequipa realizó sobre la barra de acero de 1 3/8" grado 60 que ellos fabrican; en cuanto a la fluencia, el promedio es de 5183.35 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual está en un 6.30% debajo del límite superior de fluencia establecido por las especificaciones técnicas (5510 kg/cm<sup>2</sup>) y un 21.11% por encima del límite inferior de fluencia (4280 kg/cm<sup>2</sup>).

Del gráfico N°01, podemos observar que luego de haber procesado los datos que Aceros Arequipa realizó sobre la barra de acero de 1 3/8" grado 60 que ellos fabrican, el esfuerzo de fluencia tiene una variación entre el mayor esfuerzo de 5245.58 kg/cm<sup>2</sup> y 5094.04 kg/cm<sup>2</sup> de solo 2.97%, lo que representa un adecuado proceso metalúrgico de fabricación; sin embargo, para efectos de diseño en concreto armado, se toma usualmente un valor para el acero grado 60 de 4200 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual es un 23.41% del promedio encontrado, con lo que debemos de tener especial atención en no caer en una falla sobre reforzada.

#### **B. ANÁLISIS DEL REGISTRO DEL ESFUERZO A TRACCIÓN EN ACEROS DE 1 3/8"**

De la Tabla N°02, podemos observar que luego de haber procesado los datos que Aceros Arequipa realizó sobre la barra de acero de 1 3/8" grado 60 que ellos fabrican; en cuanto a la tracción, el promedio es de 7012.69 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual está en un 25% por encima del límite inferior de fluencia (5610 kg/cm<sup>2</sup>) establecido en las especificaciones técnicas del material.

Del gráfico N°02, se puede observar que entre el valor máximo de 7079.15 kg/cm<sup>2</sup> y el valor mínimo de 6964.20 kg/cm<sup>2</sup> es de 1.65%, lo que indica un adecuado proceso metalúrgico de fabricación, además de estar en un 25% arriba del valor mínimo asegurado por las especificaciones técnicas del fabricante.

### **C. ANÁLISIS DE LA RELACION R/Fy EN ACEROS DE 1 3/8"**

De la Tabla N°03, podemos observar que luego de haber procesado los datos que Aceros Arequipa realizó sobre la barra de acero de 1 3/8" grado 60 que ellos fabrican; en cuanto a la relación entre el esfuerzo de tracción y la fluencia, el promedio es de 1.35, lo cual está en un 8.18% por encima del límite inferior de 1.25 establecido en las especificaciones técnicas del material.

Del gráfico N°03, se puede observar que entre el valor máximo de 1.37 y el valor mínimo 1.33 es de 3.01%, lo que indica un adecuado proceso metalúrgico de fabricación, además de estar en un 8.18% arriba del valor mínimo asegurado por las especificaciones técnicas del fabricante.

### **D. ANÁLISIS DE LA FLUENCIA EN ACEROS DE 1 3/8"**

De la Tabla N°04, podemos observar una desviación estándar de 52.66 kg/cm<sup>2</sup> respecto al promedio de 5183.35 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual es un coeficiente de variación de 1.02% de la media con lo que podemos mencionar que el proceso metalúrgico de fabricación tiene una confiabilidad mayor al 95%, en similitud entre los productos, con lo que tenemos la confiabilidad de que al utilizar los productos no llegaremos a una falla sobre reforzada por la incertidumbre de las propiedades físicas del acero de refuerzo; se puede observar un sesgo de 0.38 y una curtosis de -0.93, valores que nos indican que la cantidad de ensayos han sido adecuados para caracterizar el material.

#### **E. ANÁLISIS DE LA TRACCIÓN EN ACEROS DE 1 3/8"**

De la Tabla N°05, podemos observar una desviación estándar de 33.95 kg/cm<sup>2</sup> respecto al promedio de 7012.69 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual es un coeficiente de variación de 0.48% de la media; con lo que podemos mencionar que el proceso metalúrgico de fabricación tiene una confiabilidad mayor al 95%, en similitud entre los productos, con lo que tenemos la confiabilidad de que al utilizar los productos no llegaremos a una falla sobre reforzada por la incertidumbre de las propiedades físicas del acero de refuerzo; se puede observar un sesgo de 0.84 y una curtosis de 0.74, valores que nos indican que la cantidad de ensayos han sido adecuados para caracterizar el material.

#### **F. ANÁLISIS DE LA RELACION R/Fy EN ACEROS DE 1 3/8"**

De la Tabla N°06, podemos observar una desviación estándar de 0.02 respecto al promedio de 1.35, lo cual es un coeficiente de variación de 1.21% de la media, con lo que podemos mencionar que el proceso metalúrgico de fabricación tiene una confiabilidad mayor al 95%, en similitud entre los productos, con lo que tenemos la confiabilidad de que al utilizar los productos no llegaremos a una falla sobre reforzada por la incertidumbre de las propiedades físicas del acero de refuerzo; se puede observar un sesgo de 0.41 y una curtosis de -1.57, valores que nos indican que la cantidad de ensayos han sido adecuados para caracterizar el material.

## **G. ANÁLISIS DEL RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

De la tabla N°07, podemos observar la compilación de ensayos respecto a la Fluencia ( $T_n/cm^2$ ), Tracción ( $T_n/cm^2$ ) y la relación  $R/F_y$ ; adicionalmente en la Muestra N°10 encontramos el valor mínimo que las especificaciones técnicas de Aceros Arequipa recomiendan para la Fluencia:  $4.28 T_n/cm^2$ , Tracción:  $5.61 T_n/cm^2$  y la relación  $R/F_y:1.25$ ; y en la Muestra N°11 encontramos el valor máximo para Fluencia:  $5.51 T_n/cm^2$ , no aplicando valores máximos para la Tracción ni la relación  $R/F_y$ .

Del gráfico N°04, podemos que el esfuerzo de fluencia tiene una variación entre el mayor esfuerzo de  $5245.58 kg/cm^2$  y  $5094.04 kg/cm^2$  de solo 2.97%, el promedio está un 23.41% del acero grado 60 de  $4200 kg/cm^2$ , con lo que debemos de tener especial atención en no caer en una falla sobre reforzada; sobre el esfuerzo a tracción se puede observar que entre el valor máximo de  $7079.15 kg/cm^2$  y el valor mínimo de  $6964.20 kg/cm^2$  es de 1.65, además de estar en un 25% arriba del valor mínimo asegurado por las especificaciones técnicas del fabricante; finalmente se observa la relación entre la tracción y la fluencia de con un valor máximo de 1.37 y el valor mínimo 1.33 es de 3.01%; lo que indica, un adecuado proceso metalúrgico de fabricación, además de estar en un 8.18% arriba del valor mínimo asegurado por las especificaciones técnicas del fabricante.

## **5.2. ANÁLISIS DEL REGISTRO DE ENSAYO A TRACCIÓN POR EL LABORATORIO DE LA UNI.**

### **A. ANÁLISIS DE LA FLUENCIA SIN CONECTOR MECÁNICO**

De la tabla N°08, podemos ver que la Carga de Fluencia es de 51800 Kg y 25000 Kg respectivamente para el acero de 1 3/8" y 1", esta carga de fluencia relacionada con el área de los aceros nos da un esfuerzo de fluencia de 5149.11 kg/cm<sup>2</sup> y 4901.96 Kg/cm<sup>2</sup>, ambos valores están por encima del valor de fluencia de las especificaciones técnicas del fabricante, quien manifiesta que el límite mínimo es de 4280 kg/cm<sup>2</sup> y menores del límite máximo de 5510 kg/cm<sup>2</sup>

Del gráfico N°05, podemos observar que el esfuerzo de fluencia promedio entre la barra de 1 3/8" y 1" es de 5025.54 kg/cm<sup>2</sup>, valor superior a 4280 kg/cm<sup>2</sup> manifestados en las especificaciones técnicas del fabricante, sin embargo, se encuentra 151.11 kg/cm<sup>2</sup> por debajo de valor de fluencia promedio de 5176.65 kg/cm<sup>2</sup> obtenidos anteriormente por los ensayos del fabricante, lo cual representa un 3% de variación.

### **B. ANÁLISIS DE LA TRACCIÓN SIN CONECTOR MECÁNICO**

De la tabla N°09, podemos ver que la Carga de Tracción máxima es de 75000 Kg y 36700 Kg respectivamente para el acero de 1 3/8" y 1", estas cargas de tracción relacionadas con el área de los aceros, nos dan un esfuerzo de tracción de 7455.27 kg/cm<sup>2</sup> y 7196.08 Kg/cm<sup>2</sup>, ambos valores están por encima del valor de resistencia a tracción de las especificaciones técnicas del fabricante, quien manifiesta que el límite mínimo es de 5610 kg/cm<sup>2</sup>.

Del gráfico N°06, podemos observar que el esfuerzo de fluencia promedio entre la barra de 1 3/8" y 1" es de 7325.68 kg/cm<sup>2</sup>, valor superior a 5610 kg/cm<sup>2</sup> manifestados en las especificaciones técnicas del fabricante; sin embargo, se encuentra 312.99 kg/cm<sup>2</sup> por encima de valor de fluencia promedio de 7012.69 kg/cm<sup>2</sup> obtenidos anteriormente por los ensayos del fabricante, lo cual representa un 4.46% de variación.

### **C. ANÁLISIS DE LA TRACCIÓN EN ACEROS DE 1 3/8" CON CONECTOR MECÁNICO**

De la tabla N° 10, podemos ver que la Carga de Fluencia máxima es de 50100 Kg y 49200 Kg como carga mínima para el acero de 1 3/8", en promedio tenemos un valor de 49766.67 Kg, el cual varía con el promedio de 52126.51 Kg de ensayos encontrado anteriormente por los ensayos del fabricante, en 2359.84 Kg por debajo.

Del gráfico N°07, podemos observar que la fuerza de fluencia promedio es de 49766.67, en donde existe una mínima variación de 1.83%; sin embargo, este promedio se encuentra 4.74% por debajo del resultado con ensayos del fabricante de 52126.51 Kg; lo cual también puede ser considerado como una variación bastante pequeña.

Del gráfico N°08, podemos observar que la fuerza de tracción promedio es de 65066.67, en donde existe una mínima variación de 0.31%; sin embargo, este promedio se encuentra 8.39% por debajo del resultado con ensayos del fabricante de 70523.28 Kg; lo cual también puede ser considerado como una variación pequeña.

De la tabla N°11, podemos ver que el Esfuerzo de Fluencia máxima es de 4980.12 Kg/cm<sup>2</sup> y 4890.66 Kg/cm<sup>2</sup> como esfuerzo mínimo para el acero de 1 3/8", en promedio tenemos un valor de 4946.98 Kg/cm<sup>2</sup>, análisis en el cual existe una variación de 1.83% entre los valores extremos.

Del gráfico N°09, podemos observar que el esfuerzo de fluencia promedio es de 4946.98 kg/cm<sup>2</sup>, en donde existe una mínima variación de 1.83%; sin embargo, este promedio se encuentra 4.74% por debajo del resultado con ensayos del fabricante de 5181.56 Kg/cm<sup>2</sup>; lo cual también puede ser considerado como una variación bastante pequeña.

Del gráfico N°10, podemos observar que el esfuerzo de tracción promedio es de 6467.86 Kg/cm<sup>2</sup>, en donde existe una mínima variación de 0.31%; sin embargo, este promedio se encuentra 8.39% por debajo del resultado con ensayos del fabricante de 7010.27 Kg/cm<sup>2</sup>; lo cual también puede ser considerado como una variación pequeña.

Del gráfico N°11, podemos observar que la relación entre el Esfuerzo a Tracción y la Fluencia promedio es de 1.31, en donde existe una mínima variación de 1.54 %; sin embargo, este promedio se encuentra 3.05% por debajo del resultado con ensayos del fabricante de 1.35; lo cual también puede ser considerado como una variación pequeña.

#### **D. ANÁLISIS DE LA TRACCIÓN EN ACEROS DE 1" CON CONECTOR MECÁNICO**

De la tabla N° 12, podemos ver que la Carga de Fluencia máxima es de 24400 Kg y 24000 Kg como carga mínima para el acero de 1", en promedio tenemos un valor de 24166.67 Kg, el cual tiene una variación entre los resultados extremos de 1.67%, lo que, es una variación mínima.

Del gráfico N°12, podemos observar que la fuerza de fluencia promedio es de 24166.67 Kg, en donde existe una mínima variación de 1.67%; sin embargo, este promedio no puede ser comparado con los ensayos de laboratorio del fabricante toda vez que se tratan de diámetros de acero diferentes entre este reporte y el de fabricante (1" y 1 3/8" respectivamente).

Del gráfico N°13, podemos observar que la fuerza de tracción promedio es de 36800.00 Kg, en donde existe una mínima variación de 1.37%; sin embargo, este promedio no puede ser comparado con los ensayos de laboratorio del fabricante toda vez que se tratan de diámetros de acero diferentes entre este reporte y el de fabricante (1" y 1 3/8" respectivamente).

Del gráfico N°14, podemos observar que la distancia a rotura producto del ensayo de tracción promedio es de 249.33 mm, en donde existe una mínima variación de 22.87mm; sin embargo, este promedio no puede ser comparado con los ensayos de laboratorio de las barras de 1 3/8" debido a que en estas últimas no se llegó a la rotura toda vez que superaba la fuerza que el equipo era capaz de ejercer.

De la tabla N°13, podemos ver que el Esfuerzo de Fluencia máxima es de 4784.31 Kg/cm<sup>2</sup> y 4705.88 Kg/cm<sup>2</sup> como esfuerzo mínimo para el acero de 1", en promedio tenemos un valor de 4738.56 Kg/cm<sup>2</sup>, análisis en el cual existe una variación de 1.67% entre los valores extremos.

De la tabla N°13, podemos ver que el Esfuerzo de Tracción máximo es de 7274.51 Kg/cm<sup>2</sup> y 7176.47 Kg/cm<sup>2</sup> como esfuerzo mínimo para el acero de 1", en promedio tenemos un valor de 721568 Kg/cm<sup>2</sup>, análisis en el cual existe una variación de 1.37% entre los valores extremos.

Del gráfico N°17, podemos observar que la relación entre el esfuerzo a tracción y de fluencia promedio es de 1.52, en donde existe una mínima variación de 3.33%; sin embargo, este promedio se encuentra 12.59% por encima del resultado con ensayos del fabricante de 1.35; lo cual también puede ser considerado como una variación pequeña.

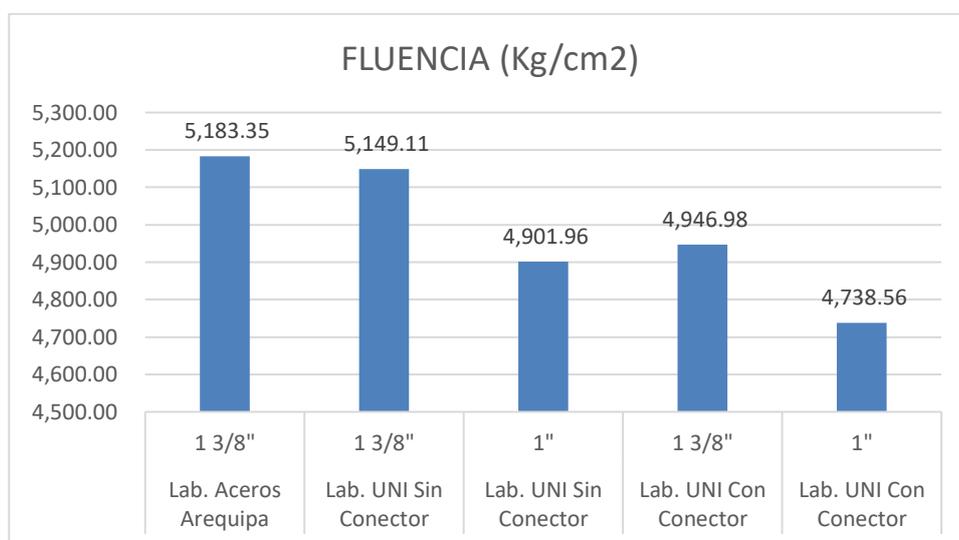
### 5.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Laboratorios	Díam	Área	Fluencia	Tracción	R/Fy
		mm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	
Lab. Aceros Arequipa	1 3/8"	1006	5,183.35	7,012.69	1.35
Lab. UNI Sin Conector	1 3/8"	1006	5,149.11	7,455.27	1.45
Lab. UNI Sin Conector	1"	510	4,901.96	7,196.08	1.47
Lab. UNI Con Conector	1 3/8"	1006	4,946.98	6,467.86	1.31
Lab. UNI Con Conector	1"	510	4,738.56	7,215.69	1.52

**Tabla N° 14. Compilación de la información analizada.**

La presente tabla es la compilación de la información analizada previamente, de la que se desprenden los siguientes gráficos que nos permitirán validar las hipótesis de la presente investigación:

Hipótesis Específica N° 01: La carga límite de fluencia, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, se relaciona directamente con conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”

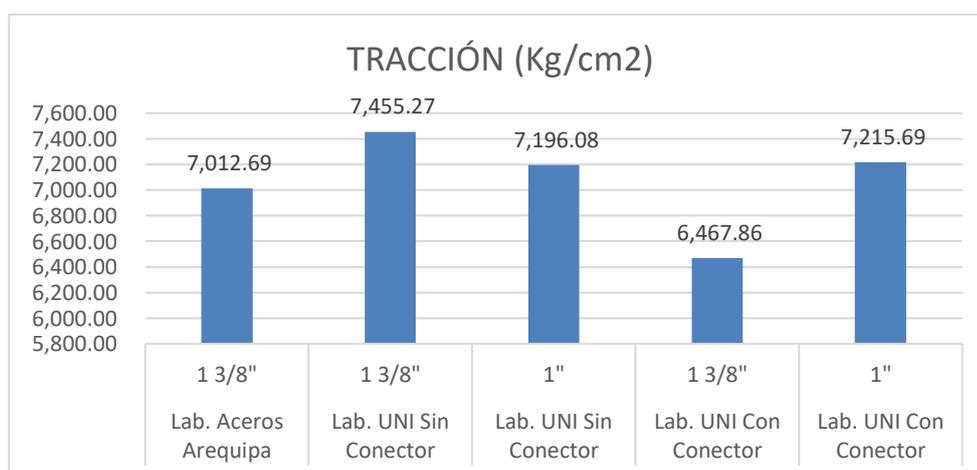


**Gráfico N° 18. Análisis de fluencia.**

En el gráfico N°18, podemos observar el esfuerzo de fluencia obtenido en el Laboratorio de Aceros Arequipa y en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, la disminución del esfuerzo a fluencia en barras de 1 3/8" al emplear un conector mecánico (4946.98kg/cm<sup>2</sup>) respecto a no emplear un conector mecánico (5149.11 kg/cm<sup>2</sup>), es de 202.13 Kg/cm<sup>2</sup>; lo cual, indica una pérdida en esta propiedad; es concordante la disminución de la fluencia en la barra de 1", donde al emplear un conector mecánico

(4738.56 kg/cm<sup>2</sup>) respecto a no emplear un conector mecánico (4901.96 kg/cm<sup>2</sup>) esta propiedad se reduce en 163.40 kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, el valor de la fluencia promedio de la barra de 1" y de 1 3/8" empleando un conector mecánico es de 4842.77 kg/cm<sup>2</sup>, y este valor promedio de la fluencia (como de manera independiente para cada diámetro de barra) se encuentra dentro de los límites de fluencia de las especificaciones técnicas del fabricante (4280 kg/cm<sup>2</sup> – 5510kg/cm<sup>2</sup>); por lo que, podemos dar como válida la hipótesis específica N°01 ya que el Límite de Fluencia, como propiedad mecánica, se conserva con una pequeña tendencia a la baja pero dentro de los límites que permite la norma; esto se deriva en una desviación de estándar de 120.41 kg/cm<sup>2</sup> dentro del rango de 95% de confianza en la gráfica de distribución normal, respecto al valor obtenido en los ensayos de Aceros Arequipa.

Hipótesis Especifica N° 02: La carga máxima de rotura, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, se relaciona directamente con conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del "Puente Nanay"

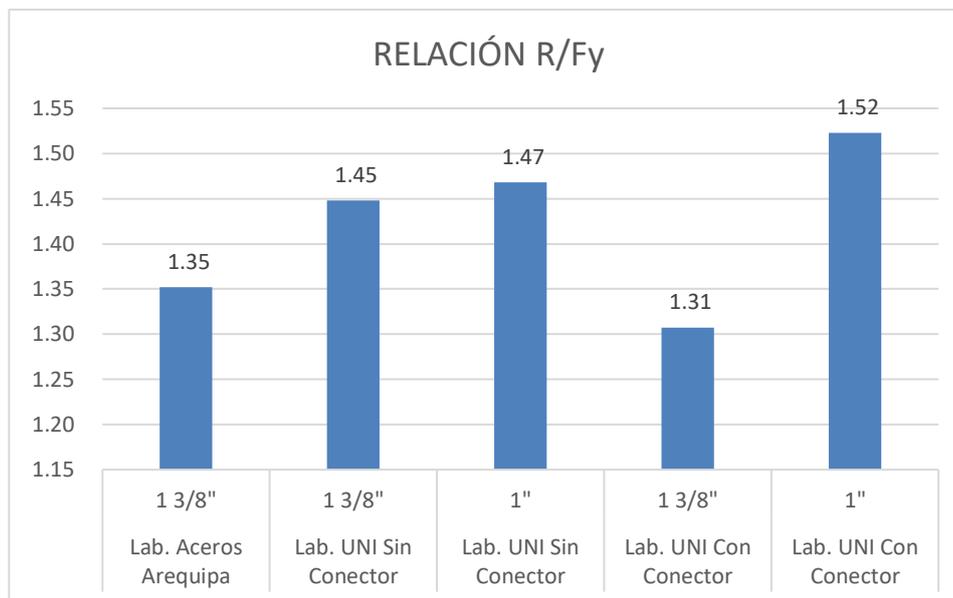


**Gráfico N° 19. Análisis de tracción.**

En el gráfico N°19, podemos observar el esfuerzo a tracción obtenido en el Laboratorio de Aceros Arequipa y en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, la disminución del esfuerzo de tracción en barras de 1 3/8" al emplear un conector mecánico (6467.86 kg/cm<sup>2</sup>) respecto a no emplear un conector mecánico (7455.27 kg/cm<sup>2</sup>) es de 987.41 Kg/cm<sup>2</sup>; lo cual, indica una importante pérdida en esta propiedad; al mismo tiempo, es concordante el aumento de la tracción en la barra de 1", donde al emplear un conector mecánico (7215.69 kg/cm<sup>2</sup>) respecto a no emplear un conector mecánico (7196.08 kg/cm<sup>2</sup>) esta propiedad aumenta en 19.61 kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, el valor de la tracción promedio de la barra de 1" y de 1 3/8" empleando un conector mecánico es de 6841.78 kg/cm<sup>2</sup>, y este valor promedio de la resistencia a la tracción (como de manera independiente para cada diámetro de barra) se encuentra dentro de los límites de fluencia de las especificaciones técnicas del fabricante (5610 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo); por lo que, podemos dar como válida la hipótesis específica N°02 ya que la resistencia a la tracción a la rotura, como propiedad mecánica, se conserva con una pequeña tendencia a la baja, pero dentro de los límites que permite la norma; esto se deriva en una desviación de estándar de 120.85 kg/cm<sup>2</sup> dentro del rango de 95% de confianza en la gráfica de distribución normal.

#### **5.4. HIPÓTESIS GENERAL**

El análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, se relaciona directamente con conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del "Puente Nanay"



**Gráfico N° 20. Relación de esfuerzos.**

En el gráfico N°20, podemos observar la relación entre el Esfuerzo a Tracción y la Fluencia (R/Fy) con los datos obtenidos del Laboratorio de Aceros Arequipa y del Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, la disminución en la relación R/Fy en barras de 1 3/8" al emplear un conector mecánico (1.31) respecto a no emplear un conector mecánico (1.45) es de 0.14; lo cual, indica una pérdida en esta relación y esto no es concordante con el aumento de la relación R/Fy en la barra de 1", donde al emplear un conector mecánico (1.52) respecto a no emplear un conector mecánico (1.47) esta propiedad aumenta en 0.05; sin embargo el valor de la relación del esfuerzo de la tracción y la fluencia promedio de la barra de 1" y de 1 3/8" empleando un conector mecánico es de 2.83, y este valor promedio de la relación del esfuerzo de tracción y la fluencia (como de manera independiente para cada diámetro de barra) se encuentra dentro de los límites de la relación R/Fy de las especificaciones técnicas del fabricante (1.25); por lo que, podemos dar como válida la hipótesis general

ya que la relación entre la Tracción y la Fluencia, como propiedad mecánica, se conserva con una pequeña tendencia a la alza y superando los límites establecidos; esto se deriva en una desviación de estándar de 0.02 dentro del rango de 95% de confianza en la gráfica de distribución normal respecto al valor obtenido de los ensayos de Aceros Arequipa.

## CONCLUSIONES

- ✓ Del análisis de esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras encontramos que, la relación entre el esfuerzo de tracción y el de la fluencia ( $R/F_y$ ) para barras de 1 3/8" y de 1" al emplear conectores mecánicos y a no emplearlos, se tiene una desviación estándar de 0.02 respecto a los valores ensayados por el fabricante; así mismo, esta relación de 2.83 se encuentra 1.58 por encima de las especificaciones técnicas del fabricante; por lo que, podemos concluir en que las propiedades mecánicas de las barras de refuerzo empleando conectores mecánicos se conservan según fuesen diseñados por el consultor para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del "Puente Nanay".
  
- ✓ Del análisis de esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras encontramos que, el esfuerzo de la fluencia para barras de 1 3/8" y de 1" al emplear conectores mecánicos y a no emplearlos, se tiene una desviación estándar de 120.41 kg/cm<sup>2</sup> respecto a los valores ensayados por el fabricante; así mismo, esta fluencia de 4842.77 kg/cm<sup>2</sup> se encuentra 562.77 kg/cm<sup>2</sup> por encima de las especificaciones técnicas del fabricante; por lo que, podemos concluir en que la fluencia como propiedad mecánica de las barras de refuerzo empleando conectores mecánicos se conservan según fuesen diseñados por el consultor para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del "Puente Nanay".

- ✓ Del análisis de esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras encontramos que, el esfuerzo de tracción a la rotura para barras de 1 3/8" y de 1" al emplear conectores mecánicos y a no emplearlos, se tiene una desviación estándar de 120.85 kg/cm<sup>2</sup> respecto a los valores ensayados por el fabricante; así mismo, este esfuerzo a tracción es de 6841.78 kg/cm<sup>2</sup> se encuentra 1231.78 kg/cm<sup>2</sup> por encima de las especificaciones técnicas del fabricante; por lo que, podemos concluir en que la resistencia a tracción como propiedad mecánica de las barras de refuerzo empleando conectores mecánicos se conservan según fuesen diseñados por el consultor para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del "Puente Nanay"; cabe señalar que en los ensayos en los aceros de 1 3/8" realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, no se llegó a la rotura; sin embargo, si se hubiese llegado a esta falla los valores de la resistencia a tracción se hubiesen incrementado y el valor promedio se hubiese incrementando, sin disminución de la conservación de las propiedades mecánicas del esfuerzo a tracción al emplear conectores mecánicos con una luz de 5mm.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda para futuras investigaciones, emplear un método probabilístico que nos indique la cantidad de ensayos de esfuerzo tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, para conocer la confiabilidad del ensayo de laboratorio; así como, realizar ensayos para comprobar las propiedades del acero en laboratorios independientes, ya que los valores obtenidos en el laboratorio de Aceros Arequipa arrojan valores diferentes concordantes entre sí, pero algo alejados a los obtenidos en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- ✓ Se recomienda que, en futuras investigaciones, se explore diferentes luces dentro y fuera de los rangos de la norma, a fin de que, pueda evaluar las restricciones de la norma ACI 318 y su aplicación en la norma; esto refrendado en que la variación entre lo obtenido en el laboratorio usando conectores mecánicos tiene una disminución de hasta 202.13 kg/cm<sup>2</sup> según los ensayos realizados; lo cual, se aleja en un 3.89% de los resultados optimistas realizados por el fabricante y deja la interrogante abierta para un análisis considerando la variación en las luces.
- ✓ Se recomienda realizar un análisis de la deformación unitaria y elasticidad del acero entre los 200 mm y 300 mm desde el conector mecánico, toda vez que la falla se ha generado en esa distancia promedio, no siendo un problema la resistencia propia del conector, más sí, el de las zonas cercanas a este, adicionalmente se recomienda someterlos a cargas dinámicas para simular de mejor manera un sismo; así como, la carga y descarga de para simular el diseño por fatiga, típico en puentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. Cabrera, A. y Koller M. (2017). Comportamiento a tracción del acero estructural, según Norma NTC 2289, de diferentes fabricantes de acero de refuerzo en el Mercado. (Tesis de grado Ingeniero Civil). Universidad Católica de Colombia. Bogotá-Colombia.
02. Alvis, D. y Guerra, J. (2017). Análisis técnico, económico y constructivo del uso de empalmes mecánicos roscados en edificaciones. (Tesis de Grado de Ingeniero Civil). Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá – Colombia.
03. Avendaño, G. y Cuevas, R. (2019). Implementación de empalmes mecánicos en el acero de refuerzo para elementos de concreto armado. (Tesis de grado Ingeniero Civil). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua-Nicaragua.
04. Arriagada, R. (2007). Estudio experimental en empalmes de armaduras en elementos de hormigón armado sometidos a tracción. (Tesis para optar al Título de Constructor Civil). Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Construcción Civil. Valdivia – Chile.
05. Arriagada Meza, R. (2012). Estudio Experimental de Empalmes sometidos a Tracción. Parte II". Licenciatura. Universidad Austral De Chile.
06. Huamán, Y. y Ccasa, P. (2019). Estudio comparativo de los empalmes de barras de refuerzo para concreto armado de grado 60 de  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> DE DIÁMETROS 3/8", 1/2" y 5/8", entre el empalme por traslape y el empalme con conector mecánico a esfuerzos de tracción en la ciudad de

- cusco. (Tesis de grado Ingeniero Civil). Universidad Nacional de San Antonio Abad. Cusco-Perú.
07. Cuevas Velásquez, Renner. (2015). Implementación de empalmes mecánicos en el acero de refuerzo para elementos de concreto armado. UNAM-Nicaragua, editorial Karma.
08. Grupo Dextra. (2018). Empalmes y Anclajes, Brasil, Editorial dextra.
09. San Bartolomé, Ángel. (2019). Análisis de estructuras con conectores. Pontificia Universidad Católica-Perú, Fondo Editorial.
10. Morales Morales, Roberto. (2018). Diseño de concreto armado según ACI 318. Lima-Perú, Editorial Basadre.
11. Aceros Arequipa. (2019). Manual de Construcción para Maestros de obra. Lima-Perú.
12. Nvent Lenton. (2019). Sistema de Empalmes Mecánicos para Barras de Armadura. Nueva York-Estados Unidos. Editorial Lenton.
13. Aceros Arequipa. (2019). Construcción Integral. Lima-Perú. Boletín versión 12.
14. Curbelo Juns, Basilio. (2017). Concreto Estructural Reforzado y Concreto Estructural Simple. Brasilia-Brasil. Editorial Brasilia.
15. Balvantín Garnits, Antonio. (2018). Ensayos y Propiedades Mecánicas de los Materiales. Salamanca-España. Editorial kines.
16. Ortiz Berrocal, Luis. (2019). Resistencia de Materiales. Lima-Perú. Editorial Centauro.
17. Eduardo Gamio, Luis. (2019). Resistencia de Materiales Teoría y Aplicaciones. Lima-Perú. Editorial Lexicón.

18. Blanco Blasco, Antonio. (2018). Diseño Estructural, Wenstin Hotel. Lima-Perú. Editorial Uni.
19. Baena Paz, Guillermina. (2017). Metodología de la Investigación. México. Editorial Patria.
20. Tamayo Siesquen, Carla. (2018). Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. Chimbote- Perú. Editorial UCACH.
21. Hernández Fernandez, Roberto. (2017). Metodología de Investigación. México. Editorial Mc Graw-Hill.
22. <https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>
23. [https://www.google.com/search?q=norma+aci+318&rlz=1C1CHBF\\_esPE851PE852&oq=norma+aci&aqs=chrome.1.69i57j0l7.6748j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=norma+aci+318&rlz=1C1CHBF_esPE851PE852&oq=norma+aci&aqs=chrome.1.69i57j0l7.6748j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8).
24. <https://hormigonaldia.ich.cl/entrevista/que-es-lo-nuevo-en-el-codigo-aci-318-19-requisitos-para-la-construccion-con-hormigon-armado/>
25. <https://www.gob.pe/sencico>.

## **ANEXOS**

**TÍTULO: “LA INFLUENCIA DE EMPALMES TIPO B, EN EL COMPORTAMIENTO A TRACCIÓN DE ACERO DE REFUERZO, TENIENDO UNA LUZ ENTRE BARRAS EN LOS PILOTES P27, P28 Y TORRES DEL PUENTE NANAY, PROVINCIA DE IQUITOS, REGIÓN DE LORETO”**

I. PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV: VARIABLES Y DIMENSIONES	V. METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿En qué medida el análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p><b>A.</b> ¿En qué medida la carga límite de fluencia, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”?</p> <p><b>B.</b> ¿Cómo influye la carga máxima de rotura, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, en conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Determinar en qué medida el análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p><b>A.</b> Determinar en qué medida la carga límite de fluencia, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, nos permite conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”</p> <p><b>B.</b> Determinar cómo influye la carga máxima de rotura, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, en conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b> El análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras se relaciona directamente con conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b></p> <p><b>A.</b> La carga límite de fluencia, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, se relaciona directamente con conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”</p> <p><b>B.</b> La carga máxima de rotura, del análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras, se relaciona directamente con conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE (x):</b> Análisis del esfuerzo a tracción empleando conectores mecánicos con una luz de 5mm entre barras</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE (y):</b> Conocer la conservación de las propiedades mecánicas del acero corrugado para los pilotes P27, P28 y Torres, en la construcción del “Puente Nanay”</p> <p><b>DIMENSIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Propiedades mecánicas del acero corrugado</li> <li>- Comparativa con las especificaciones técnicas del fabricante.</li> </ul>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b> Experimental</p> <p><b>POBLACIÓN:</b> 52 empalmes mecánicos con luz de 5mm entre barras.</p> <p><b>MUESTRA:</b> No probabilístico: 6 empalmes mecánicos a rosca y generando una luz de 5mm entre barras.</p> <p><b>UNIDAD DE ANALISIS:</b> ENSAYO A TRACCIÓN</p> <p><b>MÉTODO DE ESPECÍFICO:</b> Enfoque: Cuantitativo</p>

	<b>REGISTRO DE ENSAYO DE TRACCIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS</b>	<b>Macroproceso CONTROL DE CALIDAD</b>	
	<b>QCLB02 - E001</b>	<b>Fecha de vigencia: 2020/04</b>	<b>Versión: 02</b>

**Cooperación Aceros Arequipa S.A.**  
**Planta N° 2 - Pisco**  
**E8 ASTM Report**

Producto:	ACOPLE 1 3/8pulg	Turno:	08:00 - 17:45
Orden de Proceso:	SEDE2	Cliente:	GCP-CAASA
Norma Técnica del Producto:	ASTM A706 G60	Ensayista:	JHC
Procedencia:	ACEDIM		

Nr Colada:	Probeta:	Diámetro mm	Area mm²	Yield Force N	Yield Stress MPa	Ultimate Forc N	Ultimate Stre MPa	Alarg. %	Calificación C / NC	Fecha
328347	Z1-EMP0009-19	35.8	1006	516920	514	692260	688	0.00	C	2020/08/14
328347	Z2	35.8	1006	517500	514	690180	686	0.00	C	2020/08/14
328347	Z3	35.8	1006	516790	514	687050	683	0.00	C	2020/08/14
328347	A1	35.8	1006	513300	510	698390	694	0.00	C	2020/08/14
328347	A2	35.8	1006	509940	507	690900	687	0.00	C	2020/08/14
328347	A3	35.8	1006	510700	508	689490	685	0.00	C	2020/08/14
328347	A4	35.8	1006	507830	505	693630	690	0.00	C	2020/08/14
328347	A5	35.8	1006	506720	504	694640	691	0.00	C	2020/08/14
328347	A6	35.8	1006	502550	500	689960	686	0.00	C	2020/08/14

**CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.**  
  
**MSc. Ing. YONI ABRIGO PARRAGUIRRE CIP. 191021**  
**SUPERINTENDENTE DE METALURGIA**

**CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.**  
  
**TCO JAIMÉ TORRES VÁSQUEZ**  
**SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD Lam.**

C: Conforme NC: No Conforme



PERÚ

Ministerio  
de la ProducciónInstituto Nacional de Calidad  
INACAL

Dirección de Acreditación

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año de la Universalización de la Salud"

San Isidro, 28 de febrero de 2020

**CÉDULA DE NOTIFICACIÓN N° 03 -2020-INACAL/DA**

Señor

**Félix Augusto Cornejo Cañedo**

Representante Legal

**CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.**

Av. Antonio Miró Quesada N° 425, Piso 17

Magdalena del Mar.-

Asunto : Otorgamiento de la Renovación de la Acreditación

Referencia : Expediente N° 0221-2019-DA

Cumpro con notificar lo siguiente: **VISTO** los resultados del proceso de renovación de la acreditación de:

- Laboratorio de ensayo: CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.
- En su sede ubicada en: Carretera Panamericana Sur Km 240, Paracas - Pisco - Ica

**Y CONSIDERANDO** que el Comité Permanente de Acreditación en sesión de fecha 26 de febrero de 2020 revisó el expediente de renovación respectivo, el cual encontró conforme, por lo que se ha concluido que el laboratorio de ensayo cumple los requisitos respectivos de la NTP ISO/IEC 17025:2017 y los documentos normativos de la Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad<sup>1</sup>, por tanto de conformidad con la aprobación del Comité Permanente de Acreditación que consta en el acta<sup>2</sup> de fecha 26 de febrero de 2020 **SE RESUELVE OTORGAR** a **CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.**, la **RENOVACIÓN** solicitada, según lo establecido en el numeral 5.16 del Procedimiento General de Acreditación.

Asimismo, **COMUNIQUESE** lo siguiente:

- a. La renovación de la acreditación tiene una vigencia de cuatro (04) años, siendo la fecha de inicio de la renovación el 28 de febrero de 2020.
- b. Se remite dos (02) ejemplares del Contrato de renovación de la Acreditación N° 013-2020/INACAL-DA, los cuales deberán ser suscritos por el representante legal de la empresa.
- c. A fin de remitir el Certificado de Acreditación que evidencia la renovación de la acreditación otorgada, deberá devolver al INACAL-DA los dos ejemplares del contrato debidamente firmado<sup>3</sup>.

Lo que notifico a usted conforme a Ley.

Atentamente,

**ESTELA CONTRERAS JUGO**

Directora

Dirección de Acreditación

DWCFCYUAP

Adj. Informe Ejecutivo N°073-2020-DA

<sup>1</sup> INACAL-DA<sup>2</sup> Acuerdo N°05-CRA-05-2020<sup>3</sup> El contrato debe ser visado en todas las páginas, excepto en la última página.

**ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO**

**CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.**

Ubicado en : Carretera Panamericana Sur Km 240, Paracas, Pisco, Ica.  
 Proceso : Renovación  
 Expediente N° : 0221-2019-DA  
 Informe Ejecutivo N° : 0073-2020-DA  
 Vigencia de la Acreditación : Del 2020-02-28 al 2024-02-27  
 Acreditado con la Norma : NTP-ISO/IEC 17025:2017  
 Código de Registro : LE - 107  
 Fecha de Actualización : 2020-02-28

Laboratorio : LABORATORIO DE PRUEBAS MECÁNICAS

Campo de Prueba : MECANICAS

N°	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
1	ENSAYO DE DOBLADO	ASTM E290-14	2014	Métodos de Ensayo Normalizados para Ensayos de Doblado de Material por Ductilidad.
Producto(s):				PRODUCTOS DE ACERO
2	ENSAYO DE DUREZA ROCKWELL	ASTM E18-19	2019	Métodos de Ensayo Normalizados para Dureza Rockwell de Materiales Metálicos
Producto(s):				PRODUCTOS DE ACERO
3	ENSAYO DE TRACCIÓN	ASTM A370-19e1	2019	Métodos de Ensayo Normalizados y Definiciones para Ensayos Mecánicos de Productos de Acero.
Producto(s):				PRODUCTOS DE ACERO
4	ENSAYO DE TRACCIÓN	ASTM E8-16a	2016	Métodos de Ensayo Normalizados para Ensayos de Tracción de Materiales Metálicos.
Producto(s):				PRODUCTOS DE ACERO
5	ENSAYO DE TRACCIÓN	NTP 350.405:2015	2015	PRODUCTOS DE ACERO. Métodos de Ensayo Normalizados y Definiciones para Ensayos Mecánicos
Producto(s):				PRODUCTOS DE ACERO
6	MEDICIONES DE LAS CORRUGAS	ASTM A615-18e1	2018	Especificación Normalizada para Barras corrugadas y lisas de Acero al carbono para Refuerzo de Concreto
Producto(s):				BARRAS CORRUGADAS O BARRAS PARA REFUERZO DE CONCRETO
7	MEDICIONES DE LAS	ASTM A706-16	2016	Especificación Normalizada para Barras corrugadas y lisas de

**ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYO**

	CORRUGAS			Acero de Baja Aleación para Refuerzo de Concreto.
			Producto(s):	BARRAS CORRUGADAS O BARRAS PARA REFUERZO DE CONCRETO
8	MEDICIONES DE LAS CORRUGAS	NTP 339.186:2018	2018	PRODUCTOS DE ACERO. Barras de acero de baja aleación, soldables y corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Requisitos.
			Producto(s):	BARRAS CORRUGADAS O BARRAS PARA REFUERZO DE CONCRETO
9	MEDICIONES DE LAS CORRUGAS	NTP 341.031:2018	2018	PRODUCTOS DE ACERO. Barras de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Requisitos.
			Producto(s):	BARRAS CORRUGADAS O BARRAS PARA REFUERZO DE CONCRETO
10	PESO MÉTRICO O LINEAL	ASTM A615-18e1	2018	Especificación Normalizada para Barras corrugadas y lisas de Acero al carbono para Refuerzo de Concreto.
			Producto(s):	BARRAS CORRUGADAS O BARRAS PARA REFUERZO DE CONCRETO
11	PESO MÉTRICO O LINEAL	ASTM A706-16	2016	Especificación Normalizada para Barras corrugadas y lisas de Acero de Baja Aleación para Refuerzo de Concreto.
			Producto(s):	BARRAS CORRUGADAS O BARRAS PARA REFUERZO DE CONCRETO
12	PESO MÉTRICO O LINEAL	NTP 339.186:2018	2018	PRODUCTOS DE ACERO. Barras de acero de baja aleación, soldables y corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Requisitos.
			Producto(s):	BARRAS CORRUGADAS O BARRAS PARA REFUERZO DE CONCRETO
13	PESO MÉTRICO O LINEAL	NTP 341.031:2018	2018	PRODUCTOS DE ACERO. Barras de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Requisitos.
			Producto(s):	BARRAS CORRUGADAS O BARRAS PARA REFUERZO DE CONCRETO

Laboratorio : LABORATORIO DE PRUEBAS QUÍMICAS

Campo de Prueba : QUÍMICAS

Nº	Tipo Ensayo	Norma Referencia	Año	Título
14	ANÁLISIS QUÍMICO DE ACERO	ASTM E415-17	2017	Método de Ensayo Normalizado para Análisis de Aceros al Carbono y de Baja Aleación por Espectrometría de Emisión Atómica a la Chispa
			Producto(s):	PRODUCTOS DE ACERO



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.  
 Obra : PUENTE NANAY  
 Asunto : Ensayo de Tracción en Aceros  
 Expediente N° : 19-4883  
 Recibo N° : 68898  
 Fecha de emisión : 11/08/2020

- 1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en barras de acero corrugado de la marca ACEROS AREQUIPA, unido con un conector cilíndrico de rosca..
- 2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SIZOSHO  
 Certificado de Calibración CMC-066-2020
- 3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 350.405:2020.  
 Procedimiento interno AT-PR-10.
- 4.0. RESULTADOS : Fecha de Ensayo : 11/08/2020

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CARGA LÍMITE DE FLUENCIA (Kg)	CARGA LÍMITE DE FLUENCIA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	CARGA MÁXIMA (KN)	OBSERVACIÓN
A1-BACO ø 1 3/8"- 49618	49200	482.5	65000	637.4	CARGA APLICADA SIN ROTURA
A2-BACO ø 1 3/8"- 49618	50000	490.3	65200	639.4	CARGA APLICADA SIN ROTURA
A3-BACO ø 1 3/8"- 49618	50100	491.3	65000	637.4	CARGA APLICADA SIN ROTURA



- 5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico

L.J.B

NOTAS:

- 1) Se prohíbe la reproducción o modificación de este informe sin previa autorización del laboratorio.  
 2) Este informe solo brinda resultados sobre las muestras que han sido ensayadas.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe ( e ) del laboratorio

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI



## INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.  
 Obra : PUENTE NANAY  
 Asunto : Ensayo de Tracción en Aceros  
 Expediente N° : 19-4883  
 Recibo N° : 68898  
 Fecha de emisión : 11/08/2020

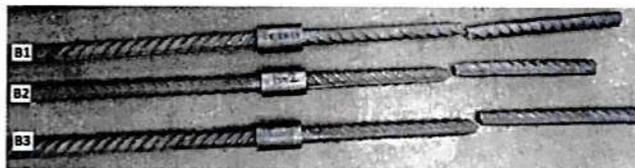
1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en barras de acero corrugado de la marca ACEROS AREQUIPA, unido con un conector cilíndrico de rosca..

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SIZOSHO  
 Certificado de Calibración CMC-066-2020

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 350.405:2020.  
 Procedimiento interno AT-PR-10.

4.0. RESULTADOS : Fecha de Ensayo : 11/08/2020

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CARGA LÍMITE DE FLUENCIA (Kg)	CARGA LÍMITE DE FLUENCIA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	CARGA MÁXIMA (KN)	OBSERVACIÓN
B1-BACO ø 1" - 334233	24000	235.4	37100	363.8	ROTURA DE LA BARRA CORRUGADA A 251 mm DEL CONECTOR
B2-BACO ø 1" - 334233	24100	236.3	36700	359.9	ROTURA DE LA BARRA CORRUGADA A 223 mm DEL CONECTOR
B3-BACO ø 1" - 334233	24400	239.3	36600	358.9	ROTURA DE LA BARRA CORRUGADA A 274 mm DEL CONECTOR



5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : A.A.G

L.J.B



*Orlun*

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Se prohíbe la reproducción o modificación de este informe sin previa autorización del laboratorio.
- 2) Este informe solo brinda resultados sobre las muestras que han sido ensayadas.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
A : CORPORACION ACEROS AREQUIPA S.A.  
Obra : PUENTE NANAY  
Asunto : Ensayo de Tracción en Aceros  
Expediente N° : 19-4883  
Recibo N° : 68898  
Fecha de emisión : 11/08/2020

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 02 barras de acero corrugado de la marca ACEROS AREQUIPA.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI SEIZHOSO  
Certificado de Calibración CMC-066-2020

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 350.450:2020  
Procedimiento interno AT-PR-10.

Fecha de Ensayo : 11/08/2020

#### 4.0. RESULTADOS

MUESTRA	SECCIÓN TRANSVERSAL NOMINAL	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA LÍMITE DE FLUENCIA (Kg)	TENSIÓN LÍMITE DE FLUENCIA (Kg/mm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/mm <sup>2</sup> )	DEFORMACIÓN (mm)	ELONGACIÓN FINAL (%)
A0 BACO - 49618	1 3/8"	1006	51,800	51.5	75,000	74.6	---	---
B0 BACO - 334233	1"	510	25,000	49.0	36,700	72.0	31	15.5

#### 5.0. OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) La barra corrugada de 1 3/8" no se llevo a rotura.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
Técnico : A.A.G

L.J.B

#### NOTAS:

- 1) Se prohíbe la reproducción o modificación de este informe sin previa autorización del laboratorio.
- 2) Este informe solo brinda resultados sobre las muestras que han sido ensayadas.



Msc. Ing. Isabel Morón Nakata  
Jefe (e) del laboratorio

**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo  
de Materiales - UNI

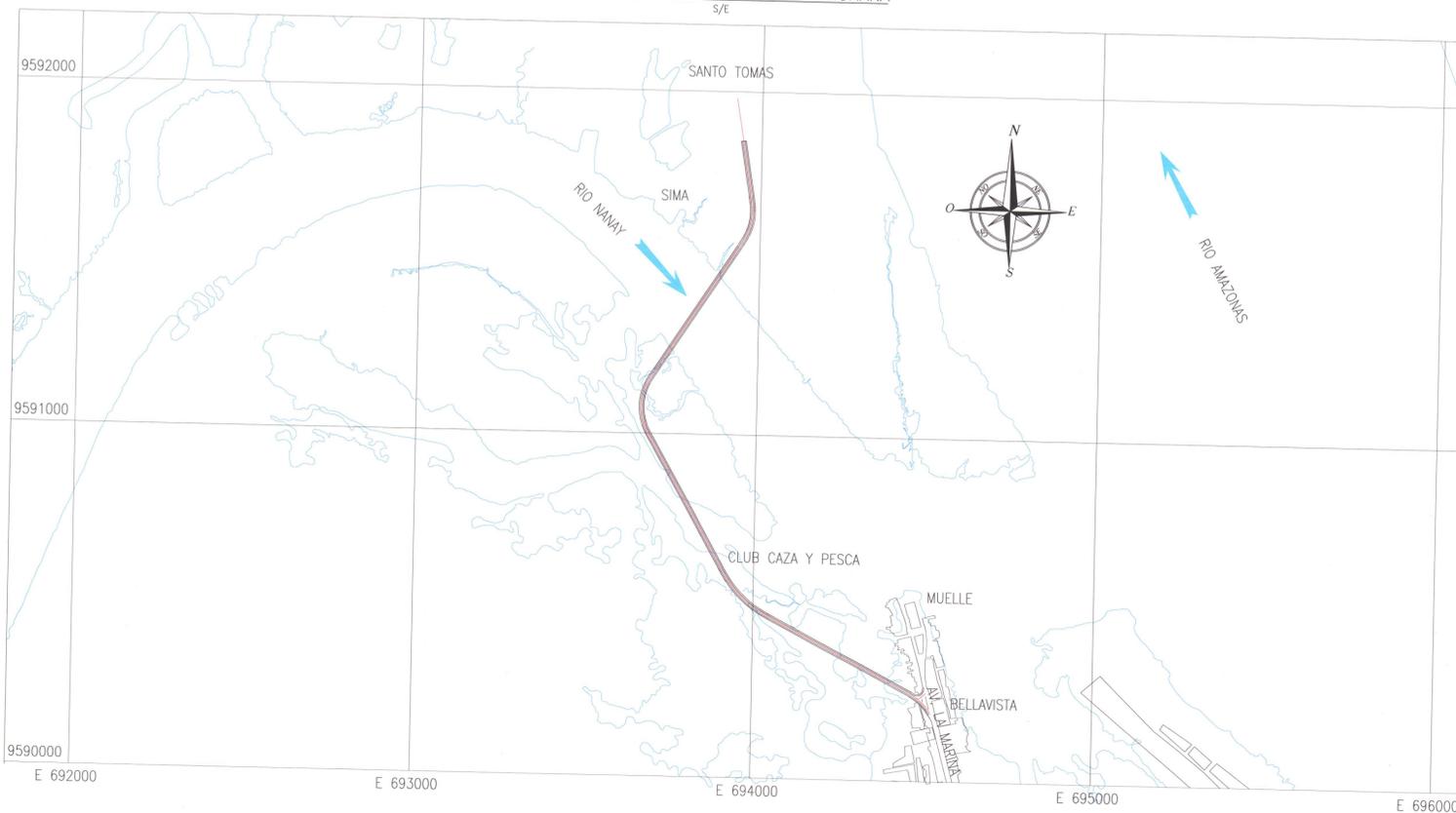




UBICACION DEL DISTRITO DE PUNCHANA  
S/E



UBICACION DEL DEPARTAMENTO DE LORETO  
S/E



UBICACION DE LA ZONA DEL PROYECTO DENTRO DEL DISTRITO DE PUNCHANA  
ESC. 1/10000



UBICACION DE LA PROVINCIA DE MAYNAS  
S/E

ING. JAVIER JORGE LOPEZ ACUNA  
Reg. CIP N° 6828  
JEFE DE PROYECTO

**ANEXO 04**

NOTA GENERAL:  
NO SE PODRA REALIZAR NINGUN CAMBIO AL PROYECTO SIN LA AUTORIZACION PREVIA Y POR ESCRITO DEL PROYECTISTA



PROVIAS DESCENTRALIZADO



JACK LOPEZ INGENIEROS S.A.C.

Diseño:	J.L.J	Aprobo:	
Revisado:	J.L.A.		
Dibujó:	JLINGS		
Aprobado:			

N°	FECHA	REVISIONES	
		DESCRIPCION	

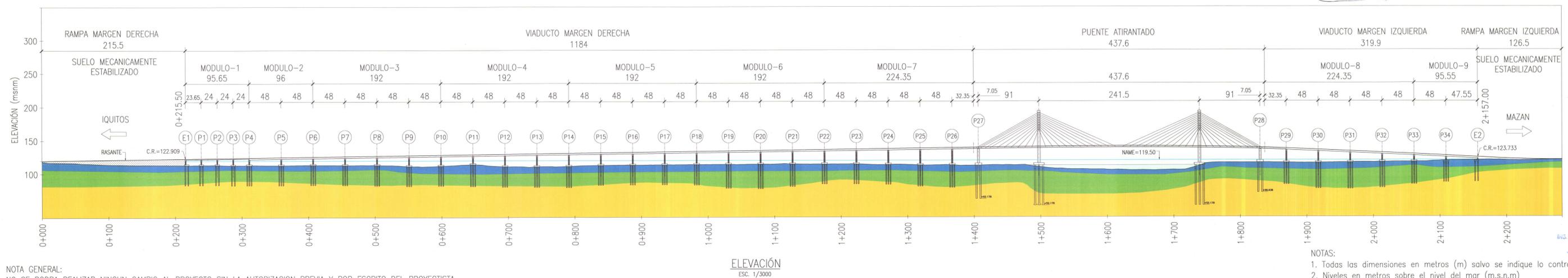
PROYECTO:  
CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA  
BELLAVISTA - MAZAN - SALVADOR - EL ESTRECHO  
TRAMO I: BELLAVISTA - SANTO TOMAS

PLANO:  
PUENTE NANAY Y VIADUCTOS DE ACCESO  
PLANO DE UBICACION

ESCALA:	INDICADA
FECHA:	DICIEMBRE 2014
CÓDIGO:	<b>PU-01</b>



PLANTA  
ESC. 1/3000



NOTA GENERAL:  
NO SE PODRA REALIZAR NINGUN CAMBIO AL PROYECTO SIN LA AUTORIZACION PREVIA Y POR ESCRITO DEL PROYECTISTA

NOTAS:  
1. Todas las dimensiones en metros (m) salvo se indique lo contrario.  
2. Niveles en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m)



Diseño:	J.L.J
Revisado:	J.L.A.
Dibujó:	J.LINGS
Aprobado:	

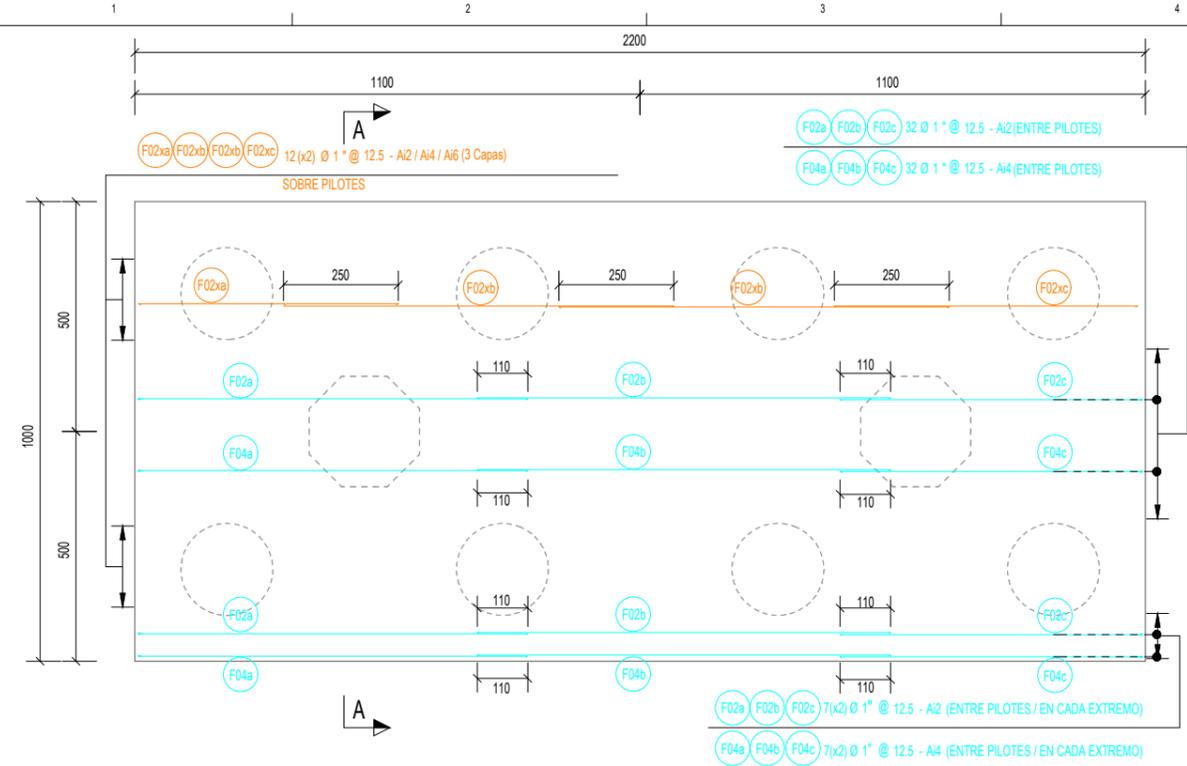
Aprobo:

REVISIONES	
N°	FECHA

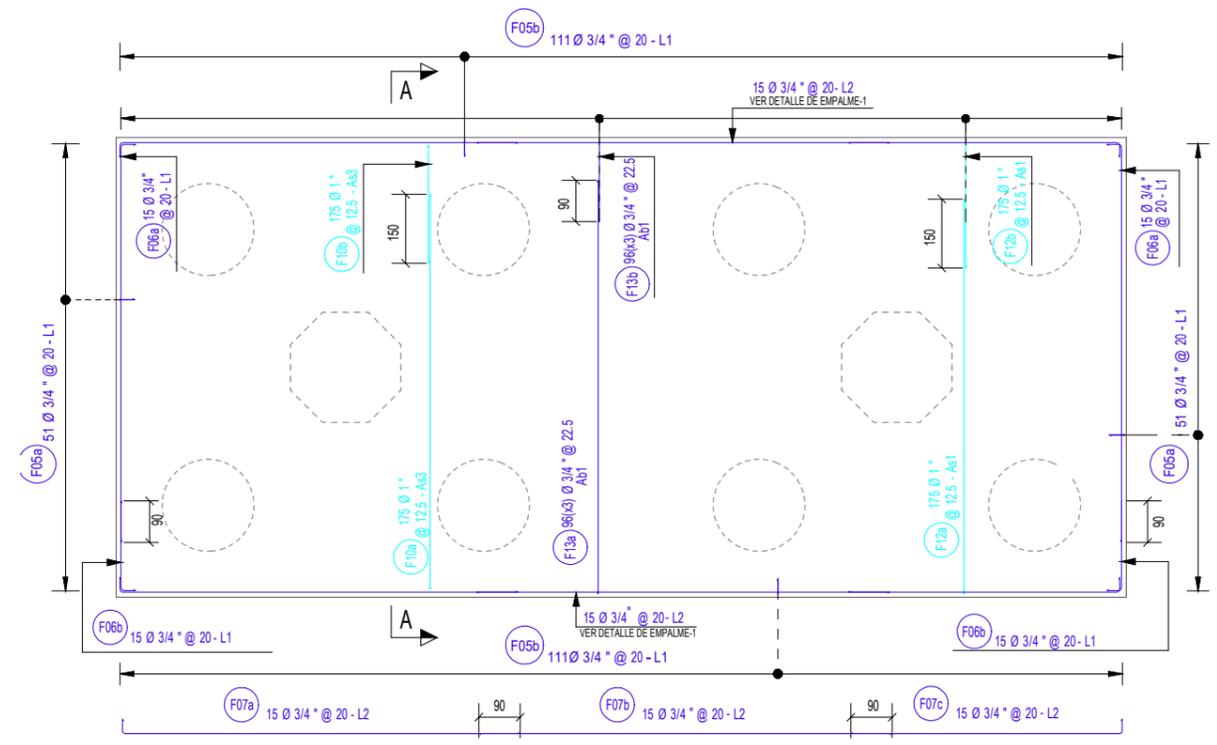
PROYECTO:  
CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA  
BELLAVISTA - MAZAN - SALVADOR - EL ESTRECHO  
TRAMO I: BELLAVISTA - SANTO TOMAS

PLANO:  
PUENTE NANAY Y VIADUCTOS DE ACCESO  
VISTA GENERAL

ESCALA: INDICADA  
FECHA: DICIEMBRE 2014  
CÓDIGO: **VG-01**

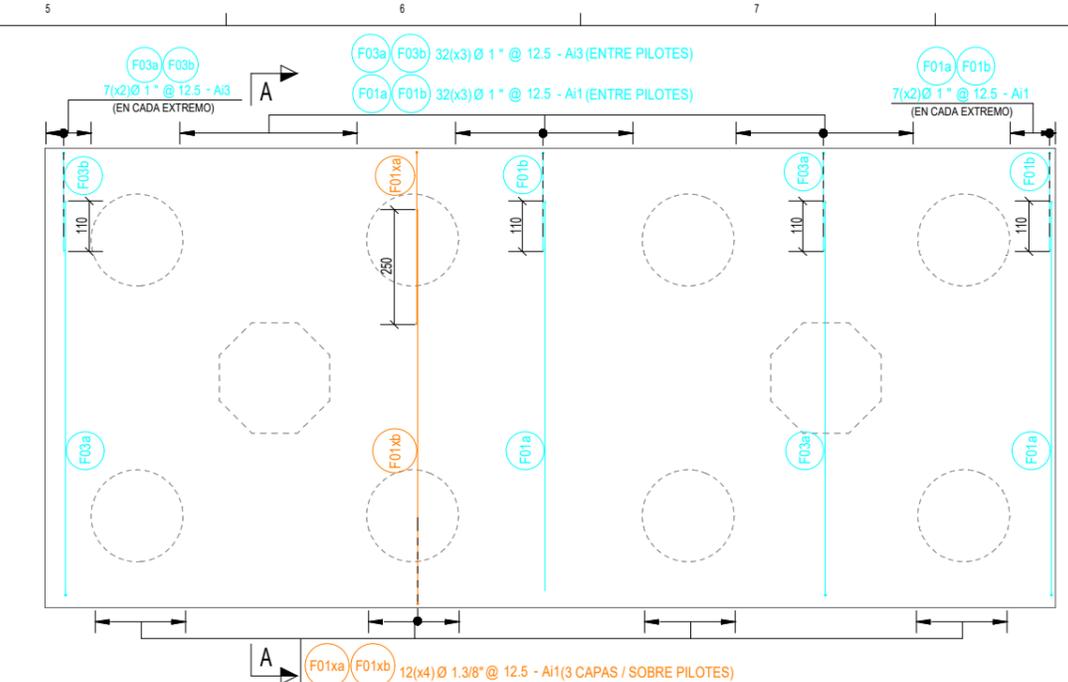


**MALLA INFERIOR LONGITUDINAL**  
ARMADURA A2 / A4 / A6  
ALTERNAR EMPALMES

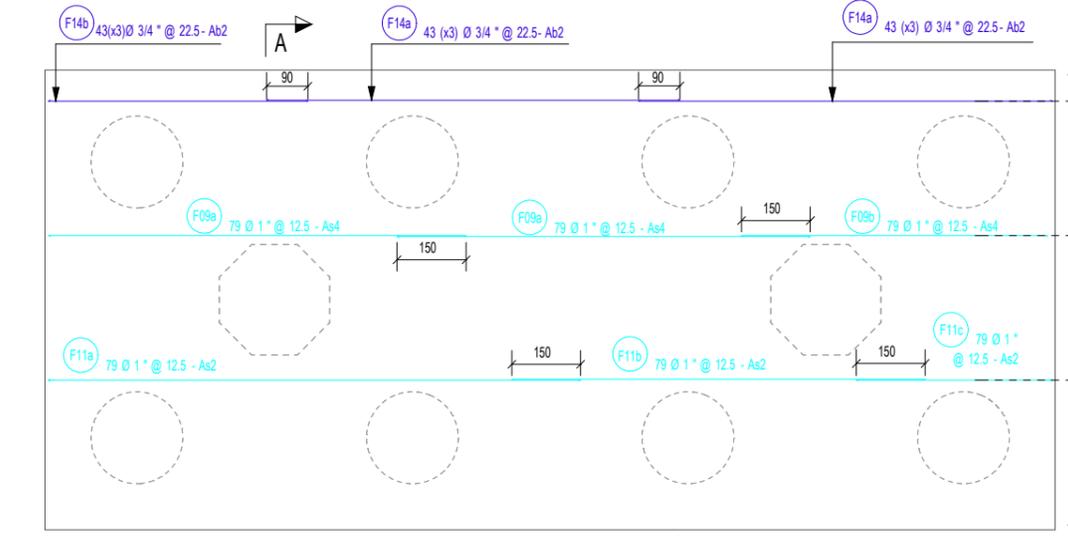


**MALLA SUPERIOR / MALLA INTERMEDIA TRANSVERSAL**  
ARMADURA As1/As3 / Ab1 / L1 / L2  
ALTERNAR EMPALMES

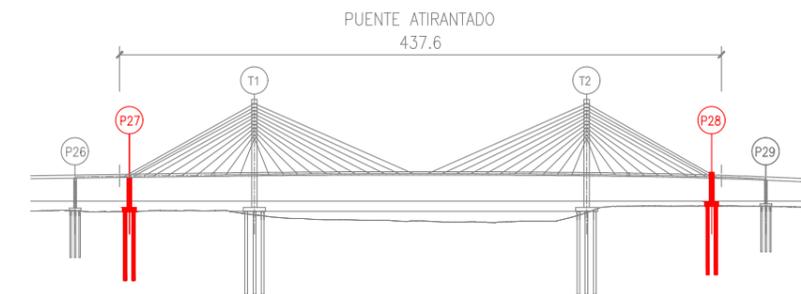
\* NOTA 1: Ab1, Ab2 CORRESPONDEN A LAS MALLAS INTERMEDIAS  
\* NOTA 2: ALTERNAR EMPALMES



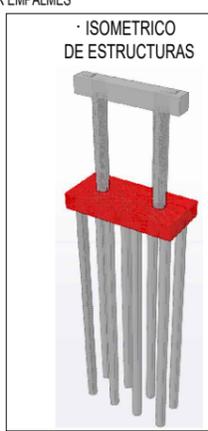
**MALLA INFERIOR TRANSVERSAL**  
ARMADURA A1 / A3  
ALTERNAR EMPALMES



**MALLA SUPERIOR / MALLA INTERMEDIA LONGITUDINAL**  
ARMADURA As2 / As4/Ab2  
ALTERNAR EMPALMES



**UBICACION DE ESTRUCTURAS**



**- NOMENCLATURA DE BARRAS**

POSICION	CANTIDAD DE BARRAS	UBICACION (VER TABLA 1)	ESPACIAMIENTO	DIAMETRO
P01	3 Ø 5/8" @ 15 - A1			

**- TABLA 1**

AsN	: Armadura superior - Capa "N"	Tr	: Traba
AIN	: Armadura inferior - Capa "N"	Sp	: Separador
LN	: Armadura lateral - Capa "N"	Bve/i	: Barra vertical Ext./Int.
Rs	: Refuerzo superior	Bhe/i	: Barra horizontal Ext./Int.
Ri	: Refuerzo inferior	Abx	: Barra adicional Estructura
St	: Barra vertical de arranque	Ub	: Barra en "U"
Es	: Estribo	Su	: Barra suple
Ho	: Habilitar en obra		

**- NOTAS:**

- RECUBRIMIENTOS INDICADOS
- ACERO A615
- SE COMPLEMENTA CON LÁMINAS DEL PROYECTO ORIGINAL:
- SE COMPLEMENTA CON LÁMINAS ACEDIM:
- CPL-PN-AT-P27-A04/A05

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DET	CAD	REV	APR	PLANO NO.	REFERENCIAS DE DIBUJO
A	28.08.2019	EMITIDO PARA APROBACIÓN	A.P.	A.P.	A.P.			
B	06.09.2019	EMITIDO PARA APROBACIÓN	A.P.	A.P.	A.P.			
0	02.10.2019	EMITIDO PARA APROBACIÓN	A.P.	A.P.	A.P.			



**NOTA:**  
ESTA LÁMINA Y SU INFORMACIÓN SON PROPIEDAD DE ACEROS AREQUIPA S.A. SU USO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ACEROS AREQUIPA S.A. ESTA SUJETA A LAS SANCIONES QUE LA LEY CONTEMPLA.

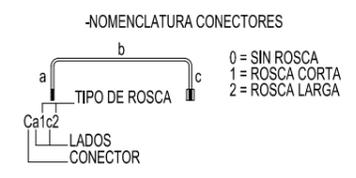
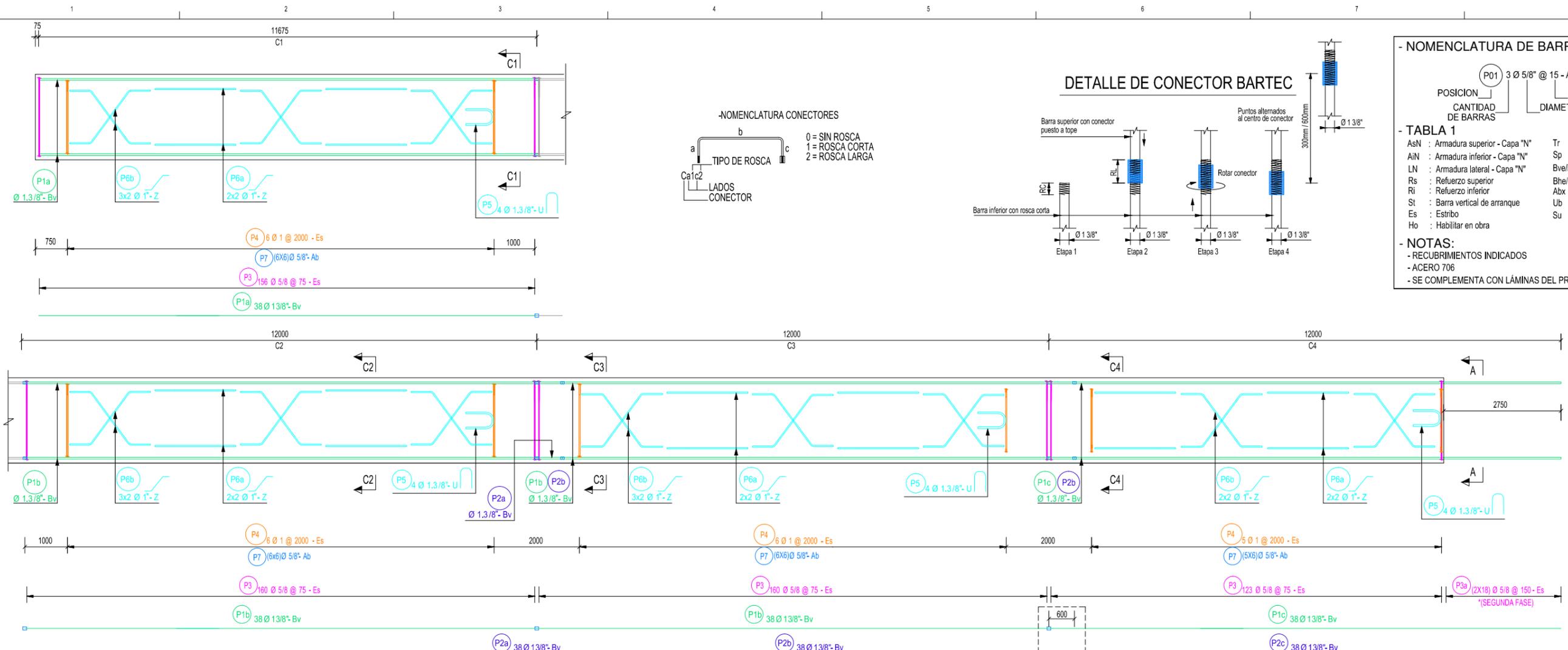
7.5.1 LÁMINA DE DETALLE OBRA CIVIL

CÓDIGO : LRMV000ID  
REVISIÓN : 01  
APROBADO : RZG / FQM  
FECHA : 06/09/13

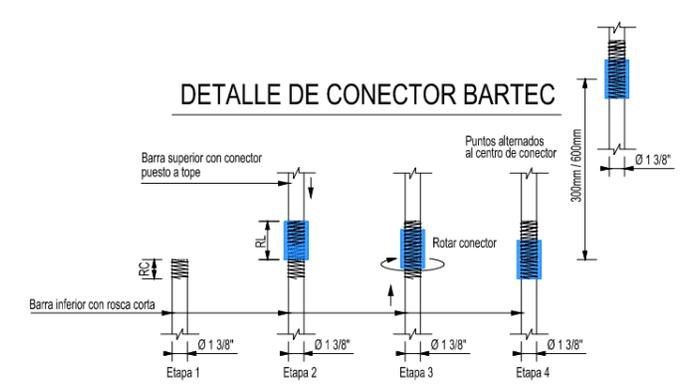
DET.	FECHA:	OBRA:
A.P.	02.10.2019	PUENTE NANAY
A.P.	02.10.2019	CONSTRUYE: CONSORCIO PUENTES DE LORETO
A.P.	02.10.2019	TRAMO ATIRANTADO PILAR DE ANCLAJE ZAPATA P27 / P28

OBRA:	CONSTRUYE:	TRAMO ATIRANTADO PILAR DE ANCLAJE ZAPATA P27 / P28
PUENTE NANAY	CONSORCIO PUENTES DE LORETO	





**DETALLE DE CONECTOR BARTEC**



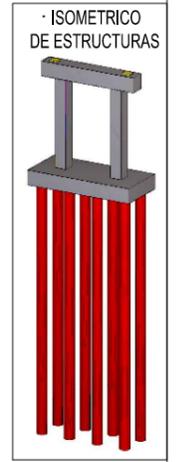
**- NOMENCLATURA DE BARRAS**

UBICACION (VER TABLA 1)  
POSICION P01  
CANTIDAD DE BARRAS 3  
DIAMETRO 5/8" @ 15 - Ai1  
ESPACIAMIENTO

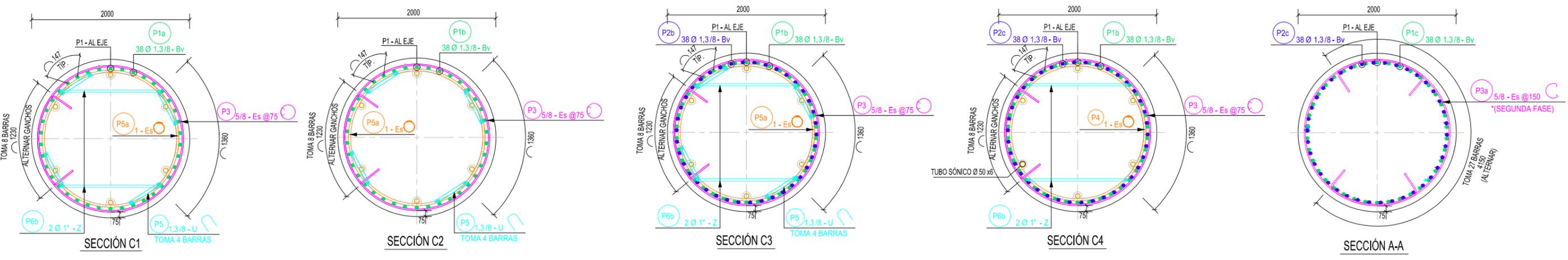
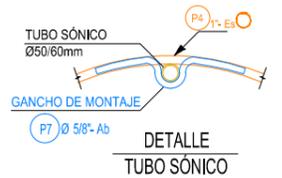
**- TABLA 1**

AsN : Armadura superior - Capa "N"	Tr : Traba
AiN : Armadura inferior - Capa "N"	Sp : Separador
LN : Armadura lateral - Capa "N"	Bve/i : Barra vertical Ext./Int.
Rs : Refuerzo superior	Bhe/i : Barra horizontal Ext./Int.
Ri : Refuerzo inferior	Abx : Barra adicional Estructura
St : Barra vertical de arranque	Ub : Barra en "U"
Es : Estribo	Su : Barra suple
Ho : Habilitar en obra	

**- NOTAS:**  
- RECUBRIMIENTOS INDICADOS  
- ACERO 706  
- SE COMPLEMENTA CON LÁMINAS DEL PROYECTO ORIGINAL:



**ARREGLO DE BARRAS (Bv) PAQUETE DE 2 SEPARADO POR CONECTOR**



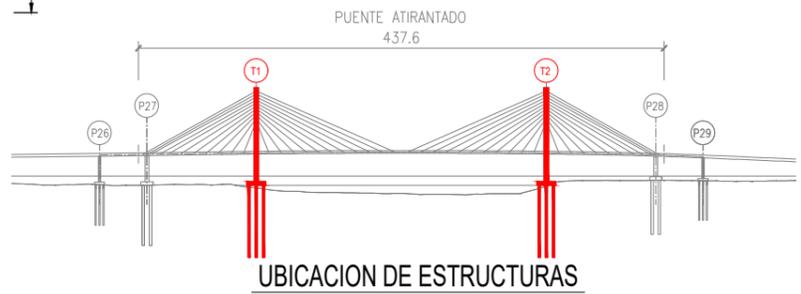
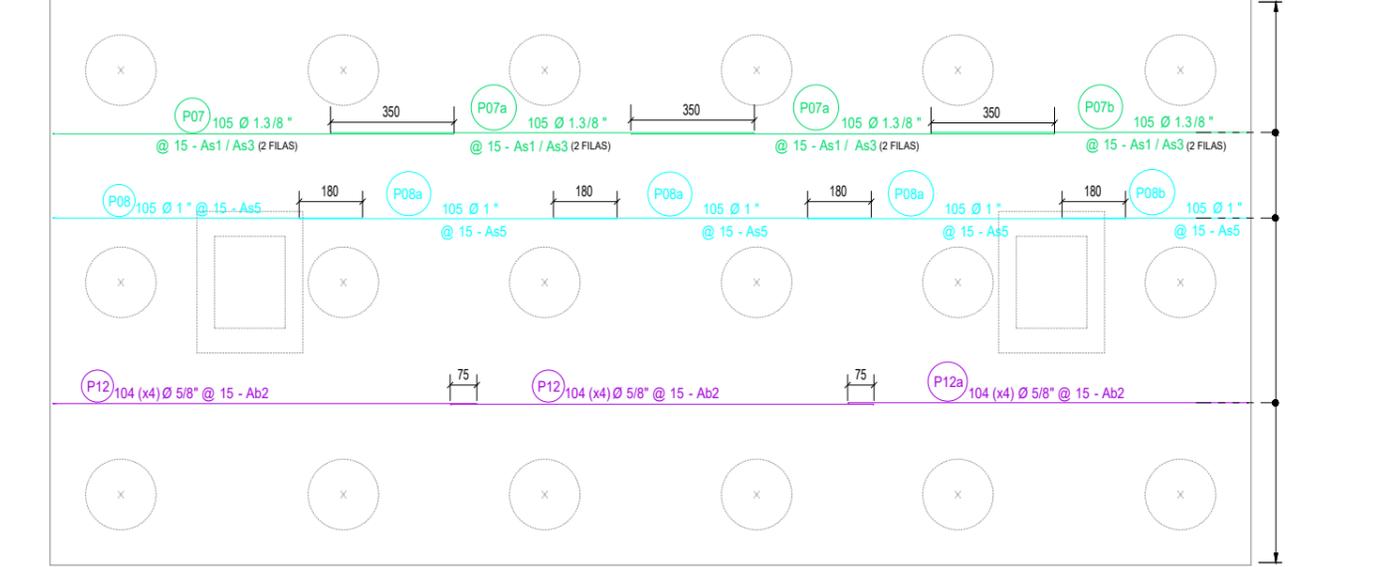
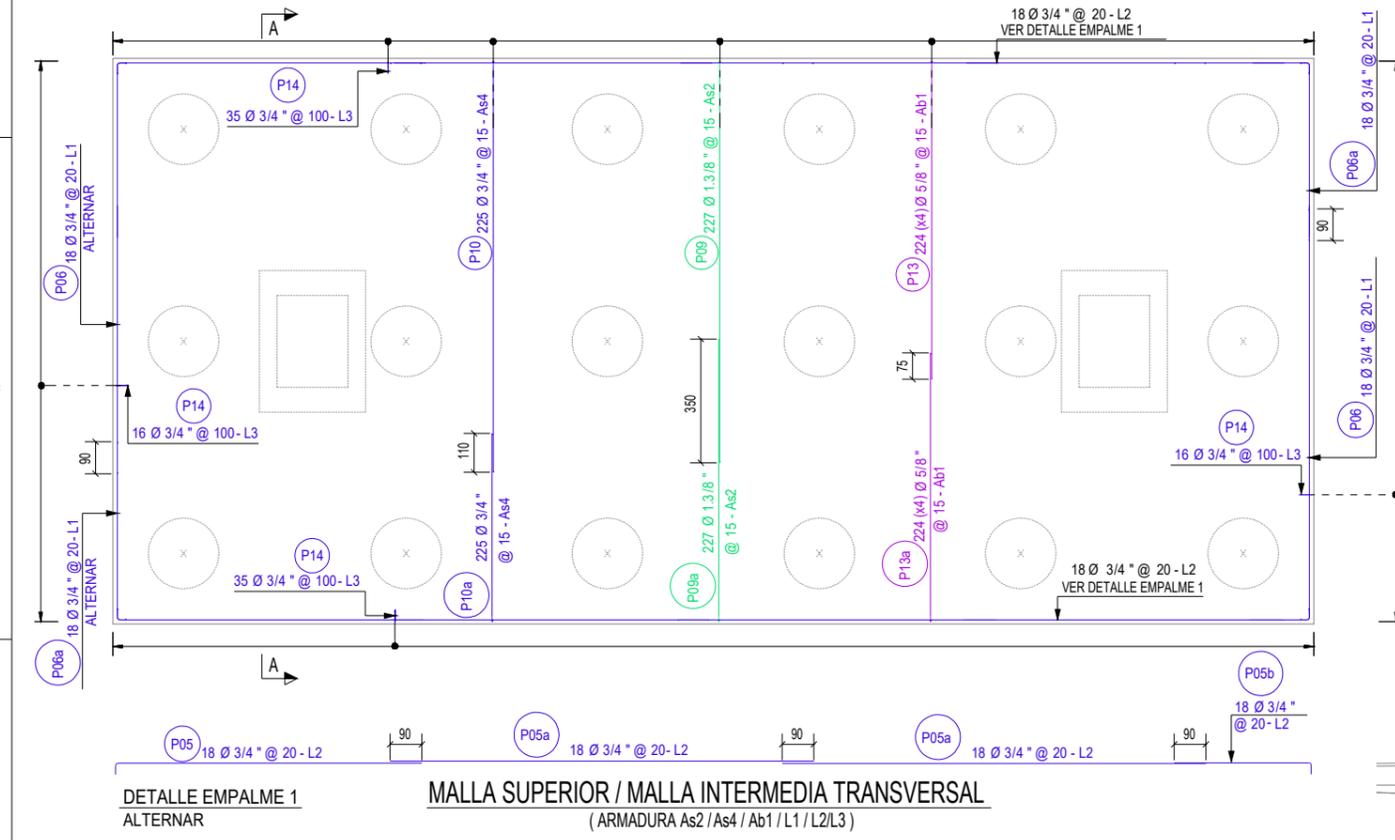
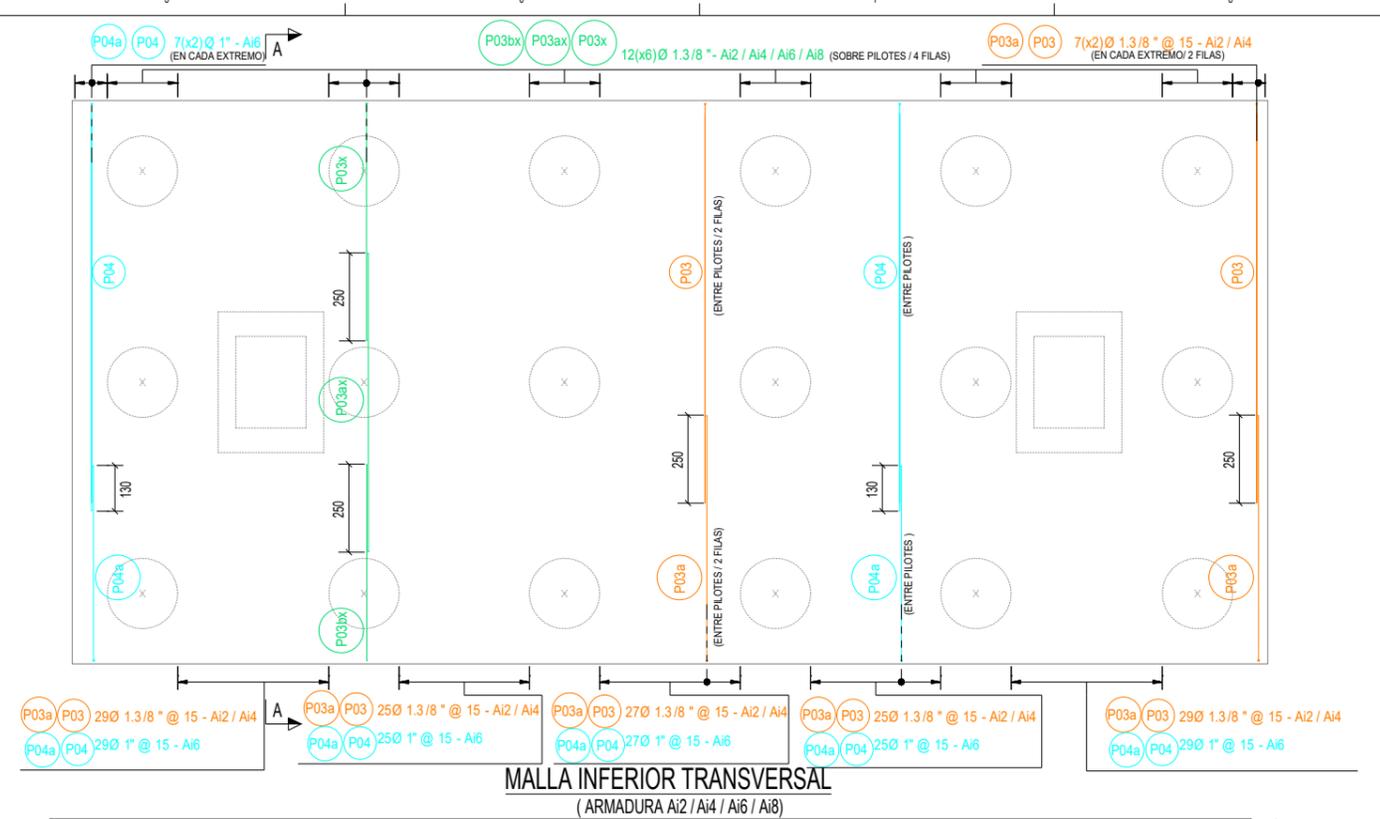
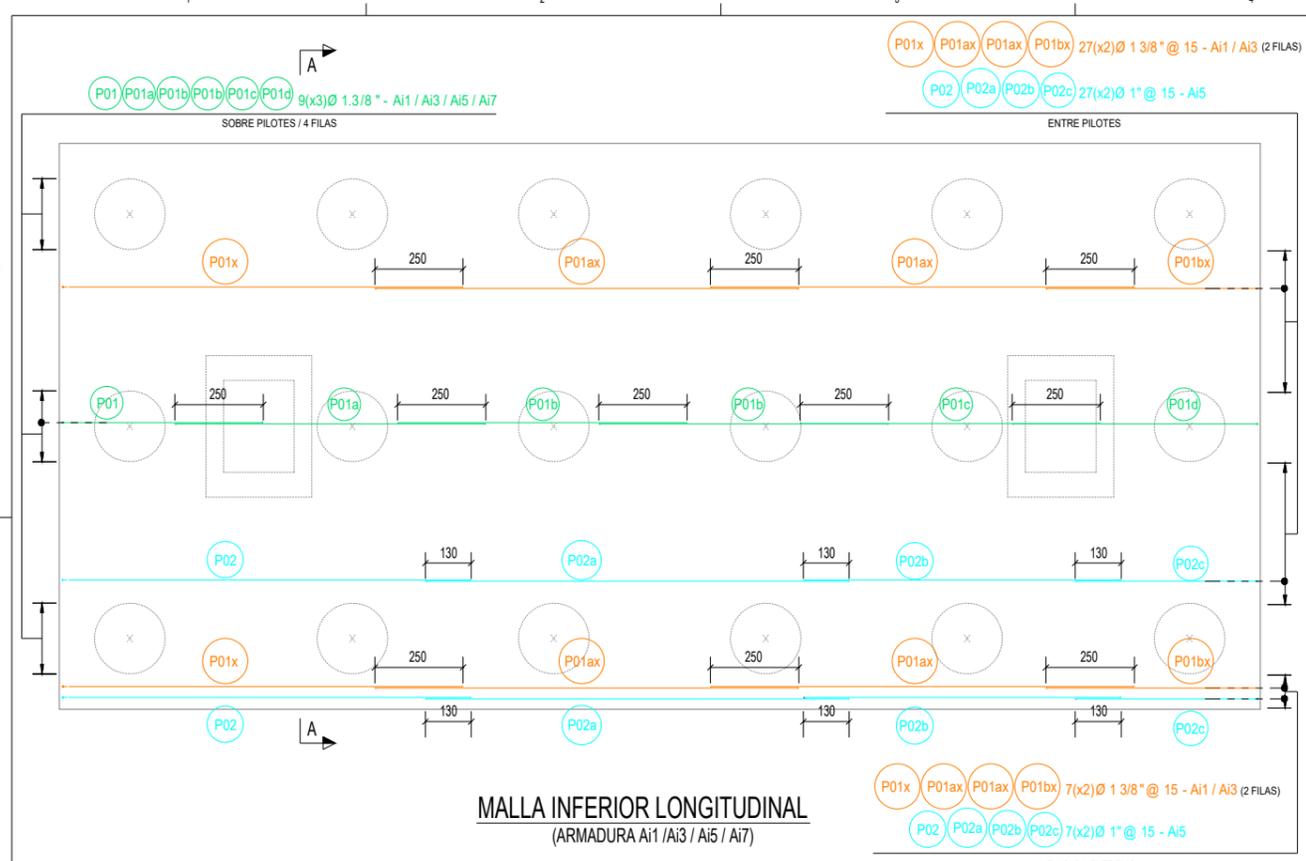
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DET	CAD	REV	APR	PLANO NO.	REFERENCIAS DE DIBUJO
A	30.06.2018	EMITIDO PARA APROBACIÓN	J.Z.	J.Z.	J.Z.			
0	11.09.2018	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	J.Z.	J.Z.	J.Z.			

**NOTA:**  
ESTA LÁMINA Y SU INFORMACIÓN SON PROPIEDAD DE ACEROS AREQUIPA S.A. SU USO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ACEROS AREQUIPA S.A. ESTA SUJETA A LAS SANCIONES QUE LA LEY CONTEMPLA.

7.5.1 LÁMINA DE DETALLE OBRA CIVIL

CÓDIGO : LRNV06ID	PROYECTO " : ACEDIM-1100005068-2200000012	ETAPA : ..
REVISIÓN : 01	DESACHOS RELACIONADOS : ..	
APROBADO : RZG / FQM		
FECHA : 06/09/13		

DET: J.ZELADA	FECHA: 19.07.2018	OBRA: PUENTE NANAY
CAD: J.ZELADA	FECHA: 19.07.2018	CONSTRUYE: CONSORCIO PUENTES DE LORETO
REV: J.ZELADA	FECHA: 19.07.2018	TRAMO ATIRANTADO PILAR P28 PILOTES P28
PROYECTO " : ACEDIM-1100005068-2200000012	ETAPA : ..	CPL-PN-AT-P28-A01
DESACHOS RELACIONADOS : ..		
ESCALA : S/E	PLANO :	REL : 0



**- NOMENCLATURA DE BARRAS**

UBICACION (VER TABLA 1)

POSICION

CANTIDAD DE BARRAS

ESPACIAMIENTO

DIAMETRO

**- TABLA 1**

AsN : Armadura superior - Capa "N"	Tr : Traba
AIN : Armadura inferior - Capa "N"	Sp : Separador
LN : Armadura lateral - Capa "N"	Bve/i : Barra vertical Ext./Int.
Rs : Refuerzo superior	Bhe/i : Barra horizontal Ext./Int.
Ri : Refuerzo inferior	Abx : Barra adicional Estructura
St : Barra vertical de arranque	Ub : Barra en "U"
Es : Estribo	Su : Barra suple
Ho : Habilitar en obra	

**- NOTAS:**

- RECUBRIMIENTOS INDICADOS - ACERO A615

- SE COMPLEMENTA CON LÁMINAS DEL PROYECTO ORIGINAL.

\* NOTA 1: Ab1, Ab2 CORRESPONDEN A LAS MALLAS INTERMEDIAS

\* NOTA 2: ALTERNAR EMPALMES

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DET	CAD	REV	APR	PLANO NO.	REFERENCIAS DE DIBUJO
A	07.11.2018	EMITIDO PARA APROBACIÓN	J.Z.	J.Z.	J.Z.			
B	27.11.2018	EMITIDO PARA APROBACIÓN	J.Z.	J.Z.	J.Z.			
C	06.02.2019	EMITIDO PARA APROBACIÓN	J.M.	J.M.	J.M.			
D	14.02.2019	EMITIDO PARA APROBACIÓN	J.M.	J.M.	J.M.			
0	18.07.2019	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A.P.	A.P.	A.P.			
1	24.07.2019	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A.P.	A.P.	A.P.			
2	30.09.2019	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A.P.	A.P.	A.P.			
3	10.10.2019	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A.P.	A.P.	A.P.			



NOTA

ESTA LÁMINA Y SU INFORMACIÓN SON PROPIEDAD DE ACEROS AREQUIPA S.A. SU USO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ACEROS AREQUIPA S.A. ESTA SUJETA A LAS SANCIONES QUE LA LEY CONTEMPLA.

7.5.1 LÁMINA DE DETALLE OBRA CIVIL

CÓDIGO : LRMV008ID

REVISIÓN : 01

APROBADO : RZG / FQM

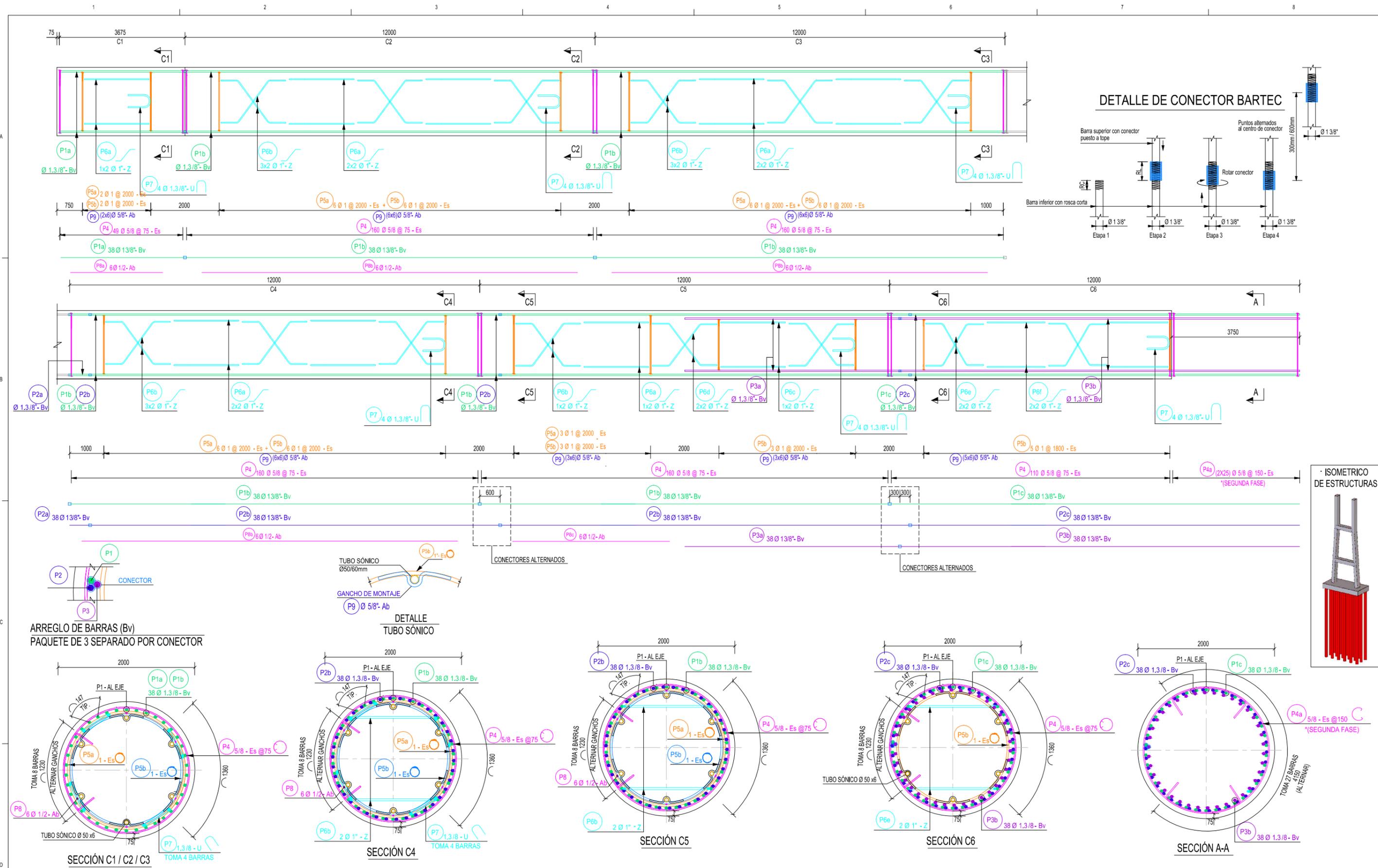
FECHA : 06/09/13

DET.	FECHA	OBRA
A.PALPAN	10.10.2019	
A.PALPAN	10.10.2019	
A.PALPAN	10.10.2019	

CONSTRUYE:	TRAMO
CONSORCIO PUENTES DE LORETO	TRAMO ATIRANTADO TORRE 1/ TORRE 2 ZAPATA T1/T2

SIGLA S/E PLANO REV 3

CPL-PN-AT-T1-A03



REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DET.	CAD.	REV.	APR.	PLANO NO.	REFERENCIAS DE DIBUJO
0	09.08.2018	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	J.Z.	J.Z.	J.Z.			
1	28.08.2018	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	J.Z.	J.Z.	J.Z.			

**NOTA:**  
 ESTA LÁMINA Y SU INFORMACIÓN SON PROPIEDAD DE ACEROS AREQUIPA S.A. SU USO SIN AUTORIZACIÓN EXPRESA DE ACEROS AREQUIPA S.A. ESTA SUJETA A LAS SANCIONES QUE LA LEY CONTEMPLA.

7.5.1 LÁMINA DE DETALLE OBRA CIVIL

CÓDIGO : LRNV08ID  
 REVISIÓN : 01  
 APROBADO : RZG / FQM  
 FECHA : 06/09/13

DET.	FECHA:	OBRA:
J.ZELADA	19.07.2018	PUENTE NANAY
CAD.	FECHA:	CONSTRUYE:
J.ZELADA	19.07.2018	CONSORCIO PUENTES DE LORETO
REV.	FECHA:	PROYECTO:
J.ZELADA	19.07.2018	TRAMO ATIRANTADO TORRE 1/ TORRE 2 PILOTES T1/T2
PROYECTO:	ACEDIM-1100005069-2200000012	ETAPA:
DESACHOS RELACIONADOS:		
ESCALA:	S/E	PLANO:
		CPL-PN-AT-T1-A01

