



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONCRETO LANZADO  
CON FIBRAS DE ACERO Y CONCRETO REFORZADO CON MALLA  
ELECTROSOLDADA EN EL REVESTIMIENTO DE TÚNELES  
CASO TÚNEL PURUCHUCO – LIMA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL

AUTORA:

LOPEZ PEREZ, DALINA MILADY

ASESOR:

Mag. MARQUINA CALLACNA, RODOLFO RICARDO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE EDIFICACIONES ESPECIALES

LIMA - PERÚ

2016

## **GENERALIDADES**

**TÍTULO:** Análisis comparativo de concreto lanzado con fibras de acero y concreto reforzado con malla electrosoldada en el revestimiento de túneles - caso túnel Puruchuco - Lima

**AUTOR:** Lopez Perez, Dalina Milady

**ASESOR:** Mag. Marquina Callacna, Rodolfo Ricardo

**TIPO DE INVESTIGACIÓN:** Aplicada - no experimental

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Diseño de edificaciones especiales

**LOCALIDAD:** Lima - Perú

**DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:**

Fecha de Inicio: 16 de abril del 2016

Fecha Final: 26 de diciembre del 2016

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis padres y  
hermana porque me han demostrado su apoyo  
incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, a mis padres Edislao Lopez y Ceverina Perez, a mi hermana Zadit Lopez por apoyarme y alentarme constantemente hasta lograr mis objetivos, demostrando que el que persevera realiza sus metas, aun cuando existan dificultades.

A mi asesor Rodolfo Marquina, por su experiencia brindada para la culminación de la tesis.

A todas aquellas personas que estuvieron involucradas de una u otra manera para el desarrollo de esta tesis, infinita gracias a todos ellos.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo DALINA MILADY LOPEZ PEREZ con DNI N° 46977886, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 10 de diciembre del 2016

Dalina Milady Lopez Perez

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

El Jurado encargado de evaluar el Trabajo de Investigación, PRESENTADO EN LA MODALIDAD DE: Tesis

Presentado por doña:

Dalina Milady Lopez Perez, cuyo Título es: Análisis comparativo de concreto lanzado con fibras de acero y concreto reforzado con malla electrosoldada en el revestimiento de túneles - caso túnel Puruchuco - Lima

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:.....(número)..... (letras).

Lima.....de.....del 2016.

.....  
PRESIDENTE

.....  
SECRETARIO

.....  
VOCAL

## ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	12
1.1.	Realidad problemática .....	12
1.2.	Trabajos previos.....	14
1.3.	Teorías relacionadas al tema .....	18
1.3.1.	Concreto lanzado.....	18
1.3.2.	Fibra de acero.....	21
1.3.3.	Concreto lanzado con fibras de acero .....	25
1.3.4.	Concreto reforzado con malla electrosoldada.....	26
1.3.5.	Revestimiento de túneles con concreto lanzado.....	27
1.3.6.	Diseño estructural de túneles con concreto lanzado.....	31
1.3.7.	Marco conceptual.....	31
1.4.	Formulación del problema.....	32
1.4.1.	Problema general.....	32
1.4.2.	Problemas específicos .....	32
1.5.	Justificación del estudio .....	33
1.6.	Hipótesis .....	33
1.6.1.	Hipótesis general .....	33
1.6.2.	Hipótesis específicos .....	34
1.7.	Objetivos.....	34
1.7.1.	Objetivo general.....	34
1.7.2.	Objetivos específicos .....	34
II.	MÉTODO.....	35
2.1.	Diseño, tipo y nivel de investigación .....	35
2.1.1.	Diseño de investigación .....	35
2.1.2.	Tipo de investigación .....	35
2.1.3.	Nivel de investigación .....	35
2.2.	Variables, operacionalización.....	36
2.3.	Población, muestra y muestreo.....	38

2.3.1. Población de estudio.....	38
2.3.2. Muestra no probabilístico.....	38
2.3.3. Muestreo.....	38
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	38
2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	38
2.4.2. Validez y confiabilidad de información .....	39
2.5. Métodos de análisis de datos.....	39
2.6. Aspectos éticos .....	39
III. DISEÑO DE TÚNELES .....	40
3.1. Geometría del túnel.....	40
3.2. Curvas características del soporte del túnel .....	40
3.3. Soporte y revestimiento de túneles en concreto lanzado.....	41
3.4. Rigidez del sostenimiento .....	42
3.5. Presión máxima de soporte.....	43
3.6. Durabilidad del concreto lanzado con fibras de acero.....	44
3.7. Estado de tensiones alrededor de un túnel .....	46
3.7.1. Presión actuante sobre la estructura del túnel .....	46
3.7.2. Distribución de cargas sobre la superficie circular .....	47
3.8. Resistencia del concreto lanzado para el revestimiento del túnel .....	49
3.9. Cálculo del espesor del concreto con fibras de acero .....	54
3.10. Análisis sísmico en túneles .....	57
3.10.1. Interacción suelo – estructura.....	57
3.11. Equipo para el lanzamiento del concreto .....	62
3.11.1. Equipo para lanzamiento por vía seca .....	63
3.11.2. Equipo para lanzamiento por vía húmeda .....	64
IV. Estudio realizado al túnel Puruchuco .....	66
4.1. Localización del área de estudio .....	66
4.2. Características del túnel Puruchuco.....	67
4.3. Sostenimiento y revestimiento del túnel Puruchuco.....	68
4.4. Diseño geotécnico del túnel .....	69
4.4.1. Trazo en planta.....	70



4.4.2. Trazo en perfil .....	70
4.4.3. Sección transversal.....	71
4.4.4. Emplazamiento y alineamiento .....	72
4.5. Trazado de los túneles Puruchuco (norte y sur).....	72
4.5.1. Índice de calidad de Roca-RQD.....	72
4.5.2. Clasificación de Bartón (Q) en contorno de los túneles .....	76
4.5.3. Sostenimiento recomendado según la clasificación Q de Bárton .....	79
4.5.4. Aplicando el principio del arco de Terzaghi .....	80
4.5.5. Análisis de presión y rigidez para el concreto lanzado en el túnel.....	81
4.6. Análisis de esfuerzos y deformaciones .....	82
4.7. Análisis de costos del proyecto del túnel Puruchuco .....	87
4.8. Analisis comparativo economico del concreto lanzado y reforzado .....	90
4.9. Planos del túnel Puruchuco .....	94
V. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	95
5.1. Recursos y Presupuesto .....	95
5.2. Financiamiento.....	95
VI. CONCLUSIONES .....	96
VII. RECOMENDACIONES .....	97
VIII. REFERENCIAS.....	98
IX. ANEXOS.....	101
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	101
Anexo 2: Matriz de Operacionalización de Variables.....	102
Anexo 3: Ficha técnica-propiedades de las fibras de acero .....	103
Anexo 4: Ficha técnica-propiedades de la malla electrosoldada.....	105
Anexo 5: Ficha técnica de equipos para concreto lanzado .....	106
Anexo 6: Muro Complejo Arqueológico Puruchuco .....	110
Anexo 7: Vista de la entrada al túnel Puruchuco sentido sur – norte .....	110
Anexo 8: Vista de ambos sentidos del túnel Puruchuco.....	111
Anexo 9: Planos del túnel Puruchuco.....	112

## LISTADO DE FIGURAS

Figura N°1. Ubicación del Túnel Puruchuco.....	13
Figura N°2. Colocación de malla de acero en túnel .....	17
Figura N°3: Tipos de fibras de acero.....	22
Figura N°4: Densidad de las diferentes fibras .....	23
Figura N°5: Módulo de elasticidad.....	24
Figura N°6: Resistencia a la tracción .....	24
Figura N°7. Vista del túnel Puruchuco.....	30
Figura N° 8. Curva característica .....	41
Figura N° 9. Túnel sometido a esfuerzos .....	42
Figura N°10. Esfuerzos alrededor del túnel.....	47
Figura N°11. Diagrama de estado de esfuerzos.....	50
Figura N°12. Curva Esfuerzo - Deformación del acero .....	51
Figura N°13. Máquina de rotor para lanzado de concreto.....	63
Figura N°14. Bombas estacionarias para lanzado de concreto.....	64
Figura N°15. Ubicación Política del distrito de Ate-Vitarte.....	66
Figura N°16. Ubicación proyecto del túnel Puruchuco .....	67
Figura N°17. Sección típica del túnel .....	68
Figura N°18. Planta Túneles Puruchuco, Geometría Vial. ....	70
Figura N°19. Perfil longitudinal del túnel. ....	71
Figura N°20. Sección requerida según demanda vehicular y peatonal. ....	71
Figura N°21. Estimación del tipo de soporte Túnel Norte según Barton .....	77
Figura N°22. Estimación del tipo de soporte Túnel Norte según Barton .....	78
Figura N°23. Efecto de arco propuesto por Terzaghi .....	80

## LISTADO DE CUADROS

Cuadro N°1. Propiedades de los tipos de mezclas de concreto lanzado .....	20
Cuadro N°2. Túneles en Colombia.....	28
Cuadro N°3. Matriz de Operacionalización de variables .....	36
Cuadro N°4. Técnicas e instrumentos.....	38
Cuadro N°5. Diseño de mezcla para concreto proyectado de alto desempeño ...	45
Cuadro N°6. Medidas para cambiar las características del concreto proyectado	45
Cuadro N°7. Cálculo de momento resistente .....	54
Cuadro N°8. Especificaciones técnicas de las fibras de acero.....	55
Cuadro N°9. Coordenadas sentido de túnel Puruchuco .....	72
Cuadro N°10. Sondaje Diamantino SDPU-01 – Túnel Norte.....	73
Cuadro N°11. Sondaje Diamantino SDPU-01 – Túnel Sur.....	73
Cuadro N°12. Sondaje Diamantino SDPU-02 - Túnel Norte .....	74
Cuadro N°13. Sondaje Diamantino SDPU-02 - Túnel Sur.....	75
Cuadro N°14. Valores Promedio del RQD .....	76
Cuadro N°15. Parámetros del cálculo Q- túnel Norte.....	77
Cuadro N°16. Parámetros del cálculo Q- túnel Sur .....	78
Cuadro N°17. Costo de equipos, mano de obra y materiales .....	87
Cuadro N°18. Análisis comparativo de costos del revestimiento en túnel.....	91
Cuadro N°19. Costos del revestimiento aplicando malla electrosoldada. ....	92
Cuadro N°20. Costos del revestimiento del túnel aplicando fibras de acero. ....	92
Cuadro N°21. Cuadro comparativo económico. ....	93
Cuadro N°22. Análisis de Plazo de ejecución del revestimiento. ....	94
Cuadro N°23. Recursos y presupuestos del proyecto.....	95

## RESUMEN

En el presente documento se realizó un análisis comparativo del uso del concreto lanzado con fibras de acero y el concreto convencional en el revestimiento de túneles, con el fin de determinar cuál de los dos tipos de concreto es más viable y económico. Durante el desarrollo de la investigación se realizaron cálculos para determinar el espesor empleando malla electrosoldada y fibras de acero, comparando la reducción de espesores, favoreciendo a la fibra como mejor uso y desempeño ya que aun reduciendo el espesor aporta las mismas propiedades que la malla electrosoldada. Se realizó el cálculo económico siendo el punto más importante, el costo empleando fibras a comparación de malla.

A todo esto, los resultados obtenidos en la investigación son favorables para la propuesta del uso de fibras de acero en el concreto lanzado, debido a que el costo es mucho menor al emplear mallas, las fibras reducen el espesor sin dejar de aportar las mismas propiedades que las mallas al concreto facilitando por otro lado su trabajo durante la instalación y lanzado sobre la superficie del túnel, así mismo el plazo de tiempo se acorta entregando obras antes del plazo estimado. Sin duda una mejor opción en el sector de la construcción.

Palabras clave: concreto lanzado, fibras de acero, malla electrosoldada, túneles.

## **ABSTRACT**

In this paper, a comparative analysis of the use of concrete cast with steel fibers and conventional concrete in the tunnel lining was carried out, in order to determine which of the two types of concrete is more viable and economical. During the development of the investigation, calculations were made to determine the thickness using electrowelded mesh and steel fibers, comparing the thickness reduction, favoring the fiber as best use and performance since even reducing the thickness provides the same properties as the welded mesh . The economic calculation was performed being the most important point, the cost using fibers for comparison of mesh.

To all of this, the results obtained in the research are favorable for the proposal of the use of steel fibers in the cast concrete, because the cost is much smaller when using meshes, the fibers reduce the thickness without giving the same properties That the meshes to the concrete facilitating on the other hand its work during the installation and thrown on the surface of the tunnel, also the time period is shortened delivering works before the estimated term. Undoubtedly a better choice in the construction sector.

Key words: shotcrete, steel fibers, electrowelded mesh, tunnels.