

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO DEL MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS INTERNAS DE LA CIUDAD
UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO,
REGIÓN LA LIBERTAD, 2019**

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autor:

Cruzado Jerónimo, Julio Gonzalo

TRUJILLO - PERU

2019



UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO

TESIS: "DISEÑO DEL MANTENIMIENTO DE VÍAS LOCALES INTERNAS PARA
LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO,
REGIÓN LA LIBERTAD, 2018."
BACH. Cruzado Jerónimo, Julio Gonzalo

HOJA DE FIRMAS

ASESOR

JURADO

JURADO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de Investigación a Dios que guía mi camino por la vida, y a mi familia.



AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada de Trujillo por acogerme
en sus aulas los fines de semana y a todos los
docentes que durante los años me brindaron
conocimiento para así poder ser hoy un profesional
con valores.

Gracias a todas esas personas que estuvieron a mi
lado brindándome fuerzas para poder continuar
para cumplir mis metas trazadas.



INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
INDICE DE CONTENIDOS	5
INDICE DE TABLAS.....	8
INDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1.INTRODUCCIÓN.....	13
1.2.REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.3.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.4.JUSTIFICACIÓN.....	17
1.5.OBJETIVOS.....	18
1.5.1.Objetivo general.....	18
1.5.2.Objetivos específicos.....	18
1.6.ANTECEDENTES.....	18
1.7.BASES TEORICAS.....	21
1.7.1.DEFINICIÓN DE PAVIMENTOS.....	21
1.7.2.CLASIFICACION DE PAVIMENTOS	22



1.7.4.Ciclo de Vida de un pavimento flexible	28
1.7.5. CLASIFICACION DE LAS FALLAS EN PAVIMENTOS	29
1.7.6. Evaluación de pavimentos flexibles	31
1.7.7. TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS.....	34
1.7.8. MANTENIMIENTO	42
1.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	52
1.9. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.	53
CAPITULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	54
2.1. MATERIAL:	54
2.2. MATERIAL DE ESTUDIO	55
2.2.1. Unidad de estudio	55
Figura 10. Dimensión de unidad de muestra	55
2.2.2. Población.	55
2.2.3. Muestra (Muestreo).....	55
2.3. TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.	56
2.3.1. Recolección de datos.....	56
2.3.2. Para procesar datos.....	57
2.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLE.	60
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION.	62
3.1. Situación Actual	62
3.2. RESUMEN DE RESULTADOS DEL PCI EN LA VIAS INTERNAS UNT ...	63



3.4. Presupuesto de Mantenimiento.....	71
CAPITULO 4 . CONCLUSIONES	72
CAPITULO 5. RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	74
ANEXOS	77



INDICE DE TABLAS

Tabla 01. Requerimientos granulométricos	26
Tabla 02. Tipo de fallas Sub base Granular Requerimientos de Ensayos Especiales	26
Tabla 03. Tipo de fallas en el pavimento según PCI	34
Tabla 04: Clasificación de las emulsiones asfálticas	47
Tabla 05: Detalle de calzada de la Vias internas UNT	56
Tabla N° 06: Operacionalización de variable.....	61
Tabla 07. Número de fallas según su tipo.....	62
Tabla 08 Calificación del PCI por unidad de estudio	63
Tabla 09 Presupuesto Mantenimiento.....	71



INDICE DE FIGURAS

Figura 01. Sección Transversal Pavimento Flexible	22
Figura 02. . Sección Típica Transversal Pavimento Semirrígido	23
Figura 03. Sección Típica Transversal Pavimento Rígido	23
Figura 04. Sección Típica Transversal Pavimento Articulado	24
Figura 05. TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA	28
Figura 06. Deflexión De Viga Benkelman.....	32
Figura 07. Viga Benkelman	32
Figura 08 Diagrama esquemático de una Emulsión.	45
Figura09. Esquema de una emulsión aniónica y de una cationica.	46
Figura10. Dimensión de unidad de muestra	55
Figura11. Tipo y diseño de la investigación	58
Figura12. Diagram de barras	59
Figura13. Diagrama de sectores.....	59
Figura14. Método de procedimiento de análisis de datos	60
Figura15. Numero de fallas encontradas según su tipo	64
Figura16. Porcentaje de pavimento con la calificación de bueno, malo, muy bueno, muy malo, regular	64
Figura17. Micropaver	68



Figura 18. Aplicación de Lechada	68
Figura 19. Acabado de Lechada asfáltica	68



RESUMEN.

La presente investigación se desarrolló en ciudad de Trujillo en la Universidad Privada de Trujillo, y tiene por objeto diseñar los trabajos de mantenimiento vial de las vías locales internas de pavimento asfáltico en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo (En adelante también UNT), Región La Libertad, 2019, para ello se busca identificar los tipos de fallas existentes en el pavimento flexible, determinar el nivel de severidad de cada una de ellas y presentar el diseño de los trabajos de mantenimiento; para la realización de la tesis se utilizó un diseño no experimental, transversal, descriptiva, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, la recolección de datos se realizó con la técnica de la Observación, el instrumento utilizado fue la guía de observación, para analizar los datos se empleó es la estadística descriptiva, el problema es que las vías internas de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo no ha recibido un mantenimiento por años y tienen fallas porque carecen de estudios para conocer su estado de conservación, esto ocasiona un malestar por parte de los usuarios e incluso riesgo a la vidas humanas y daños a los vehículos que transitan. Como resultados las fallas más encontradas en el pavimento son: agrietamiento en bloque y grietas de borde, y podemos indicar que el pavimento se encuentra en un estado regular en general, Como mantenimiento en un sector se ha platenado el recuperar la superficie de rodadura con un micropavimento, y en un sector puntual mejorar adicionalmente la capacidad portante con una capa de 5 cms de asfalto en caliente.

Palabras claves:

Pavimento asfáltico, conservación, vía,



ABSTRACT.

This research was carried out in the city of Trujillo at the Private University of Trujillo, and aims to design the road maintenance works of the local internal roads of asphalt pavement in the University City of the National University of Trujillo, La Libertad Region, 2019. For this purpose, it is sought to identify the types of faults in the flexible pavement, determine the level of severity of each of them and present the design of the maintenance work; For the realization of the thesis a non-experimental, transversal, descriptive design was used, the sampling was not probabilistic for convenience, the data collection was carried out with the Observation technique, the instrument used was the observation guide, to analyze the Data used is descriptive statistics, the problem is that the internal roads of the University City of the National University of Trujillo have not been maintained for years and have failures because they lack studies to know their conservation status, this causes an upset by users and even risk to human lives and damage to vehicles that transit. As a result, the most common faults in the pavement are: block cracking and edge cracks, and we can indicate that the pavement is in a regular state in general, as maintenance in a sector has been plated to recover the rolling surface with a micropaviment, and in a punctual sector to improve additionally the bearing capacity with a layer of 5 cms of hot asphalt.

Key words:

Asphalt pavement, conservation, way,



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

1.1. INTRODUCCIÓN.

La presente investigación se realizó por que se buscó identificar el estado de conservación del pavimento asfáltico en las vías internas de la Ciudad Universitaria, la cual está ubicada en la provincia y distrito de Trujillo. Sus pavimentos en su mayoría están deteriorados por ello mediante el método del Índice de Condición De Pavimento (PCI) se determinara el nivel de severidad de cada fallas existentes determinando cuál es grado de conservación de dicho pavimento, para luego plantear actividades de mantenimiento.

En el mundo el transporte por carreteras es un medio indispensable para que las personas puedan crecer y desarrollarse de forma continua, por lo que se ha desarrollado e implementado diferentes métodos el cual permite analizar los pavimentos asegurándoles un adecuado mantenimiento en un tiempo determinado, todo esto ha sido ideal para poder mantener sus vías aptas para cumplir su funcionamiento para la que fueron construidos.

El interés de este proyecto es la obtención de resultados actuales del estado de conservación de la Vías internas UNT, para que pueda servir como referencia a las autoridades competentes para que puedan desarrollar de forma eficiente los mantenimientos a bajo costo en el tiempo adecuado.

1.2. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En los últimos años el incremento del parque automotor y los grandes cambios de los medios de transporte ha sido constante debido a las exigencias del hombre por conocer, conquistar, comerciar o atravesar grandes distancias. Esta evolución debe de ir acompañada de un factor fundamental que marcará el éxito o fracaso del medio de transporte: la duración del viaje. Los medios de transporte no solo han sido de beneficio



para prosperar las comunicaciones, sino que también han traído desventajas a nuestra vida. Llegan a ser demasiado contaminantes para el medio ambiente, alcanzan a dañar las redes carreteras (en el caso de los transportes terrestres), son sometidos a restricciones de tráfico, cargan con mayor siniestralidad de toneladas por kilómetro, el costo de su uso en ocasiones no puede ser solventado, y propician a diferentes tipos de accidentes, poniendo en riesgo la vida de sus mismo usuarios (Canto Maya & Sanchez Aguilar, 2014)

En Chile, considera que la mejor forma de tener un Programa de Conservación efectivo y eficiente es utilizando la modalidad de contratos por nivel de servicio, por lo que recomienda fuertemente que se reanude el otorgamiento de este tipo de contratos y se amplíe gradualmente su aplicación a toda la red vial no concesionada de la Dirección de Vialidad. En efecto, el contratista debe buscar soluciones de mejor calidad y mayor duración, puesto que su responsabilidad es alcanzar resultados concretos de estado de vías. Los contratos por niveles de servicio apuntan directamente al objetivo primordial de la conservación, pues fijan al responsable de ésta metas concretas al establecer el estado en que deben estar las vías. Las utilidades provienen entonces de ejecutar las obras más efectivas, que minimicen los costos, puesto que no habrá pagos en forma expresa por cada obra en particular. Por lógica ello conduce a mejoras en la calidad de ejecución de los trabajos y la búsqueda de aumentos de eficiencia en los procedimientos. En consecuencia, con el tiempo, se estimula además la introducción de nuevas y mejores tecnologías y rebajas del costo de conservación por kilómetro en el mediano plazo. (DIPRES - Dirección de Presupuestos del Gobierno de Chile, 2004)

En el Ecuador, no se lleva a cabo un sistema óptimo de explotación y conservación de las carreteras, actividades que en comparación con los costos de construcción de carreteras son mucho menores, y además alarga la vida útil de la infraestructura para una mejor utilización y explotación de



la misma. A lo largo del tiempo se ha esperado realizar intervenciones de reparación de los diferentes elementos que componen la vía solamente si es que ha sufrido algún tipo de daño lo que conlleva mayor inversión tanto de tiempo como de recursos sumado a la afección que se produce hacia los conductores y usuarios de la vía (Carvallo Corral, 2016)

En el Perú, el Manual de Conservación Vial, brinda los criterios apropiados que se deben aplicar para la gestión del conjunto de actividades técnicas de naturaleza rutinaria y periódica, que se ejecuten en las vías para que éstas se conserven en niveles de servicio adecuados, incluyendo los puentes, túneles y demás elementos que forman parte de la vía, de acuerdo con el Reglamento de Gestión de Infraestructura Vial vigente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, 2013).

Hilquin & Valcárcel (2016) encontraron que el pavimento flexible de la Vías internas Jorge Chávez del distrito de Pocollay, departamento y Provincia de Tacna, en el año 2016, según la evaluación mediante el método del Índice del condición del Pavimento (PCI) tiene un valor de $PCI = 34.69$ y en concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que el estado actual de dicho pavimento es malo. El medio de transporte a lo largo de la vida de los seres humanos ha sido importante para su desarrollo sostenible, por ello los países a nivel mundial buscan soluciones para mejorar el estado de conservación de sus vías y darles un mantenimiento apropiado, proporcionando que el transporte de sus habitantes sea de forma más segura y placentero. (Hilquin & Valcarcel, 2016)

En el Perú la conservación de vías es escasa, la falta de mantenimiento continuo de estas impide un mejor desarrollo de los pueblos. Adicionalmente, Trujillo ha sufrido el año 2017 el fenómeno conocido como Niño Costeño, que significó lluvias intensas que han ocasionado diferentes daños en las infraestructuras de la ciudad y en las vías urbanas en particular. Específicamente como ha podido observar el investigador, las



vías internas de la ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) presentan un deterioro evidente, por ello este proyecto se encargara de identificar y evaluar, el estado de conservación del pavimento asfáltico de dichas vías mediante el método del PCI (Índice de condición del Pavimento), el cual nos brindara datos importantes para determinar si el pavimento está apto para cumplir la función para la cual fue construido, y ha continuación plantear las actividades de mantenimiento necesarias para garantizar las adecuadas condición de servicio de la vías internas.

Transportarse por las vías internas de la Ciudad Universitaria facilita la vida a más de 10 mil estudiantes y más de 3 mil trabajadores, los que actualmente se ven afectados por el mal estado de las vías generando un malestar en la comunidad universitaria quienes además sufren incómodas viajes así mismo las moviidades tiene un mayor desgaste en sus neumáticos.

Este proyecto de investigación a realizar es de suma importancia por que ayudará a analizar todo el pavimento asfáltico de las vías internas de la ciudad universitaria de la UNT, conociendo cuáles son los tipos de fallas y que dimensión tiene cada una de ellas y así determinar cuál es el porcentaje de estado de conservación de la Vías internas en estudio, en caso de no realizar este proyecto traerá pérdidas económicas para la comunidad universitaria porque:

- Las moviidades a transitar sobre este tendrá un deterioro mayor provocando que sus neumáticos sufran un mayor desgaste.
- Se generara más polvo al transitar por las vías internas pudiendo generar enfermedades respiratorias en sus moradores de la zona
- La falta de un estudio técnico además en un determinado tiempo originarán las vías seguirán deteriorándose por el alto nivel de tránsito, provocando que las falla sean de mayor dimensión y así será muy alta su grado de severidad, provocando que ya no requiera solo un mantenimiento si no que tendrían que cambiar toda la carpeta asfáltica la cual demandaría una mayor inversión económica.



1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cuál es diseño del mantenimiento de las vías internas de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo, Región La Libertad, 2019?

1.4. JUSTIFICACIÓN.

La universidad Nacional de Trujillo, tiene dentro de sus funciones velar por la seguridad integral de sus estudiantes, personal administrativo, profesores y público en general, es por ello que ante las constantes y fuertes lluvias ocurridas en el mes de marzo del 2017, la presente investigación contribuirá a permitir realizar el mantenimiento de la infraestructura vial de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo. Este proyecto evalúa el deterioro del pavimento asfáltico; el cual permite detectar a tiempo los daños ocasionados en el pavimento a lo largo de su vida útil; de esta manera busca mejorar la transitabilidad en un menor tiempo sin desgaste inadecuado de los neumáticos de las movilidades. La evaluación y análisis se determina mediante la aplicación del método de PCI (índice de condición de pavimento), el cual nos permite conocer si el pavimento asfáltico de las vías internas de la Ciudad Universitaria se encuentra en un estado adecuado para su funcionamiento y así poder conocer el mantenimiento indicado que debe tener a bajo costo, prolongando su vida útil de la vía.

Esta investigación también se justifica por su aporte metodológico porque tendrá información que sirve como base a futuros tesis y autoridades de gobierno regional, provincial y local, así como también a empresas que quieran tener una referencia para crear y desarrollar nuevos proyectos similares que beneficien a la población en general.



1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general.

Diseñar el Mantenimiento de las Vías Locales Internas de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo, Región La Libertad, 2019.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Identificar los tipos de fallas existentes en el pavimento flexible de las vías locales internas de la Ciudad Universitaria de la UNT.
- Determinar el nivel de severidad de cada falla existentes, según el método del PCI.
- Diseñar las Actividades de Mantenimiento de las Vías Internas de la Ciudad Universitaria de la UNT

1.6. ANTECEDENTES.

En la Tesis de Maestría, **ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PERIÓDICO EN UNA CARRETERA DEL PERÚ**, Julio Ferreyra-Pereyra Lima, define que los trabajos de mantenimiento de carreteras involucran a los profesionales que participan en esta actividad, la cual alcanza el terreno legal, así como social. Es un proyecto complejo dado el periodo largo de ejecución por lo que siempre tiene que ver con múltiples recursos y gran cantidad de personas. El estado realiza una transferencia de riesgo a los contratistas, generando generalmente un ahorro importante para el estado. Gracias a este tipo de contratos se está llegando a las poblaciones que durante muchos años se encontraban incomunicadas, siendo beneficiados al mejorar su forma de vida. Debido al servicio de conservación por niveles de servicio que se ejecutó, y como parte contractual, se cuenta con la información del estudio de tráfico de este tramo. (Ferreyra, 2012)



En su Tesis, Yesquen (2016) titulada Gestión y conservación de pavimentos flexibles, a través del índice de desempeño "PCI" en el entorno del distrito de Surquillo-Lima. La presente tesis tiene como objetivo determinar la condición del pavimento, a través del estudio visual usando el índice de condición de pavimento (PCI), Para ello hemos determinado la condición del pavimento a través del índice de desempeño PCI (Índice de Condición de Pavimento), en el distrito de Surquillo-Lima, es decir hemos evaluado el estado del pavimento con un estudio, recolección y evaluación de datos, posteriormente clasificarlo y obteniendo una base racional para darle un oportuno y adecuado mantenimiento, En el Análisis del PCI del dibujo: Sector A contiene un pavimento Bueno 64%, Regular 25%, Muy pobre 11%, Sector B contiene un pavimento Bueno 20%, Regular 80%, Sector e contiene un pavimento Bueno 67%, Regular 33%, Sector D contiene un pavimento Bueno 25%, Regular 39%, pobre 36%, Sector E contiene un pavimento Bueno 38%, Regular 62%. Los resultados en este proyecto del estado de conservación del pavimento flexible serán favorables para la creación de nuevas alternativas de solución para el mantenimiento de la vía a bajos costos, dándole una mayor vida útil al pavimento, brindando mantenimiento adecuado y corrigiendo a tiempo el mal uso de la vía. (Yesquén Granda, 2016)

Valdivia (2017), en su tesis de pregrado "Evaluación de las fallas del pavimento flexible en la Vías internas Brasil del Distrito de Nuevo Chimbote - Propuesta de solución - Ancash 2017" tuvo como objetivo Evaluar las fallas del pavimento flexible de la Vías internas Brasil del Distrito de Nuevo Chimbote – Propuesta de solución – Ancash 2017. La metodología aplicada se realizó por el método del PCI, para identificar los daños que existen en la carpeta asfáltica Se llegó a evaluar el pavimento flexible de la Vías internas Brasil del Tramo-01 que comprende desde +0.000km que es desde la Vías internas Pelicanos hasta +1.360km que es la Vías internas Anchoqueta, y las fallas más incidentes fueron grietas transversales, corrugación, depresión e hinchamiento en magnitudes altas y medias donde según la escala del PCI se clasificó como fallado teniendo como valor de rango 5.80% y también Se llegó a evaluar el pavimento flexible de la



Vías internas Brasil del Tramo-02 que comprende desde +1.360 km que es desde la Vías internas Anchoveta hasta +2.186 km que es la Vías internas Universitaria, los daños más frecuentes que se encontraron fueron grietas transversales, exudación, corrugación e hinchamiento en magnitudes medio y alto donde según la escala del PCI se clasificó como muy malo teniendo como valor de rango 13.0096%. Este antecedente es considerando en la presente investigación para guiar el estudio en lo que se refiere al diseño del procedimiento de recolección de datos y describir las fallas más incidentes. (Valdivia, 2017)

En Costa Rica en el Congreso de Ingeniería Civil CIC - 2010; realizada en San José de Costa Rica en octubre 2010, se presentó el trabajo bajo la autoría de Mgtr. Ing. Wilder Rodríguez Mogollón cuyo tema fue "Pavimentos Económicos Sobre Vías Afirmadas" (Mogollon, 2010), en la que indican lo siguiente:

- El uso de materiales granulares es una solución asegurar la transitabilidad de las vías de tercer orden o rurales.
- El empleo de materiales granulares constituye una solución económica para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.
- Las obras de drenaje superficial como de drenaje subterráneo deben realizarse para asegurar la duración de la vía.
- Considerando que la vía en mención es de tercer orden es importante añadir que: El uso de materiales granulares es una solución asegurar la transitabilidad de las vías de tercer orden o rurales. Las cuales tienen en ocasiones pocos trabajos de mantenimiento preventivo o rutinario para su conservación, por tanto, debería ser imprescindible el uso de materiales granulares como parte del aporte en su construcción.

En Perú, según Juan Carlos Vera (2015) en su tema: " Mejoramiento con emulsiones asfálticas de base granular, para pavimentos en la región Lambayeque (Vera, 2015)

- Se determinó el porcentaje tentativo de emulsión, calculada de forma teórica, teniendo en cuenta la granulometría de cada material granular, obteniendo los siguientes resultados 6.44 % de la cantera Tres Tomas, 6.16 % de la cantera El



Cinco, 5.92 % de la cantera San Luis (60%) + Cachinche (40%), partiendo del porcentaje de humedad obtenida en el ensayo Proctor Modificado y tomando en cuenta la cantidad de agua que posee la emulsión.

- Se elaboraron seis briquetas para cada porcentaje de Emulsión Asfáltica (5%, 6%, 7%), de las cuales la mitad se utilizó para la estabilidad seca y las otras tres para estabilidad saturada de las canteras Tres Tomas, El Cinco, San Luis (60%) + Cachinche (40%), donde los materiales estabilizados de cada cantera superaron los valores mínimos de diseño de 1800 libras/min. conforme a requerimiento de las normas técnicas.
- Utilizando la mezcla de emulsión asfáltica (Catiónica de Rotura Lenta CSS - 1H) y el material granular de cada cantera se cumplió con los valores mínimos establecidos en el manual básico de emulsión asfálticas. Los mismo que establecen esta dentro del rango establecido por la misma.

La importancia de una adecuada emulsión y el mismo uso de un adecuado material granular, al momento de su mezcla logran la efectividad en la estabilidad de material.

1.7. BASES TEORICAS.

1.7.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTOS.

(**Juárez Badillo & Rico Rodriguez, 1990**) , en su Libro Mecánica de suelos, Tomo II, Pág. 530, define pavimento como "capa o conjunto de capas comprendida (s) entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, cuya finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tránsito de los vehículos, el intemperismo producido por los agentes naturales y a cualquier otro agente perjudicial. Como función estructural un pavimento tiene la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que esta no se deforme de manera perjudicial". El pavimento es una base vertical que está constituido de varias capas de diferente espesor, los cuales son capaces de soportar una sobrecarga en su forma natural o con intervención del hombre basado en un diseño específico. Está permitiendo un libre tránsito sin provocar daño alguno en las moviidades que transitan por este pavimento.

El pavimento está conformado por un conjunto de capas, respectivamente horizontales, que se diseñan y posteriormente se construyen con materiales libres de impurezas y apropiados. Estos materiales deben estar debidamente bien compactados para evitar deterioros en estos. Estas capas de material estratificados se apoyan encima de la sub rasante obtenida mediante el movimiento de tierras durante el proceso de exploración y que deben de evitar los esfuerzos que las cargas del tránsito le transmiten durante el periodo de vida útil o para el cual fue diseñado la estructura del pavimento. (Montejo, 2002)

1.7.2. CLASIFICACION DE PAVIMENTOS

Los pavimentos dependen del material que los compone, este nos permite determinar su clasificación. Hay diferentes pavimentos y se clasifican de la siguiente manera: Pavimentos flexibles. Pavimentos semirrígidos, Pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

A.1 Pavimento Flexible

Los pavimentos flexibles, cuentan con una estructura que está conformada por una capa bituminosa o también llamada carpeta asfáltica, apoyada generalmente en capas no rígidas las que son: la base, sub base y la subrasante, no obstante, puede no incluirse alguna de estas capas, tomando en cuenta las necesidades que presente el suelo a pavimentar. (Montejo, 2002)



Figura 1. Sección Transversal Pavimento Flexible

Fuente: (Giordani & Leone)

A.2 Pavimentos semi-rígidos.

Este pavimento tiene básicamente la misma estructura del pavimento flexible, pero además de eso una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con aditivos que pueden ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. Con el principal objetivo de fortalecer las propiedades mecánicas de los materiales que no son aptos para la estructuración de las capas del pavimento, considerando que los más adecuados se encuentran a distancias lejanas que elevarían los costos de construcción (Montejo, 2002),.

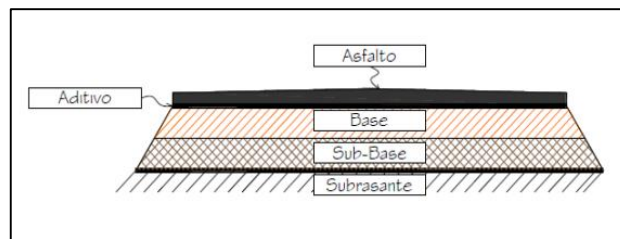


Figura 2. Sección Típica Transversal Pavimento Semirrígido

Fuente: (Medina & De la cruz, 2015)

A.3 Pavimentos Rígidos.

Los pavimentos rígidos están conformados por una losa de concreto hidráulico que está apoyada en la base, debido a la alta rigidez que presenta el concreto y el elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de esfuerzos se produce en una zona muy amplia. La resistencia estructural del pavimento rígido depende principalmente de la resistencia de la losa (Montejo, 2002),.

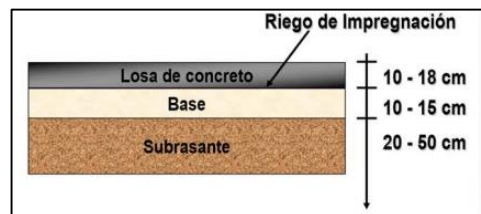


Figura 3. Sección Típica Transversal Pavimento Rígido

Fuente: (Giordani & Leone)

A.4 Pavimentos articulados

Los pavimentos articulados están conformados por una capa de rodadura de bloques prefabricados denominados adoquines de espesor uniforme, estos adoquines pueden sobre una capa delgada de arena que va apoyada en u. De este modo, los pavimentos articulados están constituidos por una capa de adoquines, arena a base. (Montejo, 2002)

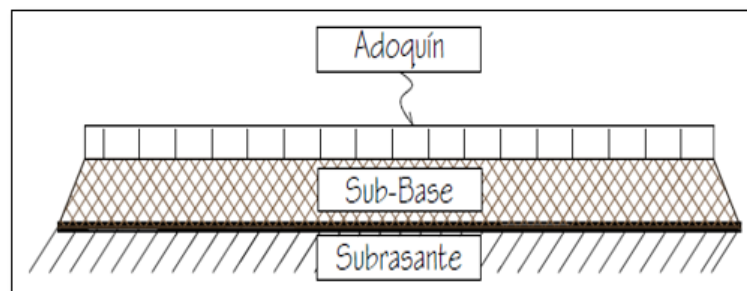


Figura 4. Sección Típica Transversal Pavimento Articulado

Fuente: (Medina & De la cruz, 2015)

1.7.3. ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES:

Todos los pavimentos y de manera general está compuesto por una serie de capas y distribuida en el siguiente orden:

- Subrasante
- Subbase
- Base
- Superficie de rodadura

Estas definiciones están basadas en el Manual Centro Americano para Diseño de Pavimentos (Huang, 2004). Desde que se comenzaron a construir pavimentos flexibles se han ido elaborando teorías y desarrollando mejoras para el diseño y el análisis de estas estructuras. Algunos de estos avances son mencionados por Huang (2004)



B.1. SUBRASANTE

Capa de terreno de una vía que resiste la estructura del pavimento, ocupa hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Esta capa puede estar creada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes detalladas en los planos finales de diseño. El grosor de pavimento está muy relacionado con la calidad de la subrasante, se busca que esta capa supere los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad. El diseño de un pavimento de forma básica es el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

B.2. SUB BASE GRANULAR

Principalmente cumple con una función económica ya que permite la utilización de materiales de menor calidad en un porcentaje del espesor del pavimento. Entonces, dependiendo de la calidad y el costo del material disponible, se puede utilizar sólo base o subbase y base. Con la construcción de la subbase, puede ser que el espesor final de la capa sea mayor pero aun así resultar en un diseño más económico. (Rengifo Kimiko, 2014)

Es la capa de la estructura del pavimento que tiene por funciones: soportar, transmitir y distribuir de manera uniforme las cargas aplicadas desde la superficie de rodadura del pavimento a la subrasante. También la Subbase debe soportar las variaciones que pueden afectar al suelo, controla los cambios de elasticidad y volumen que pueden dañar el pavimento. Esta capa se utiliza también como capa de drenaje y para el control de ascensión capilar de agua, cuidando la estructura de pavimento, por lo que ordinariamente se usan materiales granulares. La presencia de capilaridad en esta capa produce hinchamientos por acción del congelamiento del agua en temperaturas bajas, si no se dispone de una subrasante y Subbase adecuada se producirían fallas en el pavimento.

Tabla 01.
Requerimientos granulométricos

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: ASTM D 1241

(1) La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m

Tabla 02.
Tipo de fallas Sub base Granular Requerimientos de Ensayos Especiales

Material o producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Base granular	Granulometría	MTC E 204	D 422	T 88	750 m ³	Cantera
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	2000 m ³	Cantera
	Equivalente de arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2000 m ³	Cantera
	Sales solubles	MTC E 219	-	-	2000 m ³	Cantera
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2000 m ³	Cantera
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821	-	2000 m ³	Cantera
	Partículas chatas y alargadas	-	D 4791	-	2000 m ³	Cantera
	Pérdida en sulfato de sodio / magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2000 m ³	Cantera
	Densidad – humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	750 m ³	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T 191 T 238	250 m ²	Pista

B.3. BASE

Conformada por la estructura del pavimento ubicada entre la sub base y la capa de rodadura que tiene como funciones principales: la distribución y la transmisión de las cargas generadas por el tránsito, a capas inferiores del pavimento como: la Sub- base y a través de esta a la sub-rasante, y es la capa que sirve de soporte a la capa de rodadura. (Rengifo Kimiko, 2014). Estas bases se pueden también clasificar en las siguientes: Base granular y Base Estabilizada

- **BASE GRANULAR**

Es la capa que conforma la estructura del pavimento ubicada entre la sub-base y la capa de rodadura, esta capa está constituida por piedra de buena calidad



triturada, grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, en su estado natural. Los materiales que forman esta capa deben de ser clasificados para formar de una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependiera de la graduación de las partículas a utilizarse en el diseño, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, todas estas propiedades dependerán de la relación entre la cantidad de finos y de agregado grueso.

- **BASE ESTABILIZADA**

Esta capa conforma la estructura del pavimento ubicada entre la Subbase y la capa o superficie de rodadura, esta capa está constituida por piedra triturada de buena calidad, grava y mezclada con material de relleno, arena y suelo, esta mezcla se combina con materiales o diferentes productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de Subbase. Los materiales estabilizadores más utilizados son: asfalto, enzimas, emulsiones asfálticas, cemento y cal.

B.4 SUPERFICIE DE RODADURA:

Capa que conforma la estructura del pavimento más externa (Expuesta a la superficie), se coloca por encima la base. La función principal de esta capa, es proteger la estructura del pavimento, impermeabilizando la superficie, para el ingreso del agua lluvia por filtración que puede saturar las capas inferiores.

La capa de rodadura evita el deterioro de las capas inferiores a causa del tránsito de vehículos (Base, Sub Base).

La superficie de rodadura incrementa la capacidad soporte del pavimento, por que absorbe cargas, este aumento es apreciable para espesores mayores a 4 centímetros, en el caso de riegos superficiales se considera el aumento nulo. Esta superficie de rodadura de los pavimentos flexibles se divide, según se muestra en la siguiente figura:

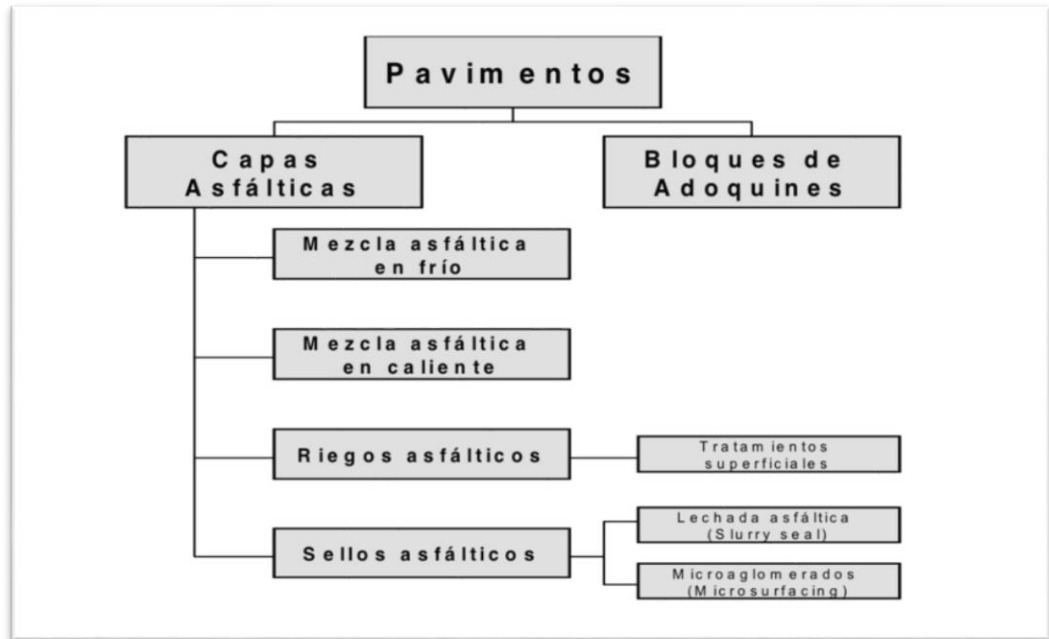


Figura 5. TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA

Fuente: : MANUAL CENTROAMERICANO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS 2011

1.7.4. Ciclo de Vida de un pavimento flexible

La vida o el periodo de diseño de un pavimento flexible empieza luego de su construcción. Al realizar el estudio de los pavimentos se determina que la vida de estos, se clarifican en tres fases:

C.1 Fase de consolidación

Se da luego de haberse inaugurado el pavimento flexible, las capas que conforman la estructura del pavimento pasan a un estado de consolidación, debido a las cargas que transfieren los neumáticos de los vehículos. Esta fase es breve y se estabiliza rápidamente. Además de ello compresión que reciben las diversas capas que conforman el pavimento, no deberían de presentar deformación si el proceso de compresión ha sido adecuado o suficiente. (Conza, 2016)



C.2 Fase elástica

Esta fase aparece en seguida de la fase de consolidación. Si se presenta la fase anterior, al pasar los vehículos y las cargas que imponen se dará la deformación permanente, que luego pasara a ser una deformación transitoria de restauración rápida de tipo elástico, es decir al pasar los neumáticos de los vehículos en cada punto provocan un movimiento hacia abajo denominado deflexión que unos segundos después de pasar los neumáticos vuelven a su estado natural. En esta fase no se dan fallas generalizadas. Las cargas impuestas por los vehículos ocasionan esfuerzos o impulsos de tensión en la carpeta de asfalto y esfuerzos de compresión en las capas de materiales granulares. De esta fase obedece su duración del pavimento flexible debido a las deflexiones que va a tener durante su vida útil. (Conza, 2016)

C.3 Fase de fatiga

Es la fase terminal de la estructura del pavimento. Las deflexiones producidas por el insistente paso de neumáticos de los vehículos producen esfuerzos de tracción en todas las capas que conforman el pavimento asfáltico, estos esfuerzos que vienen acumulándose desde la fase elástica ocasionan que la capa se desfragmente por fatiga, en este instante comienza un deterioro progresivo o gradual en toda la vía y teniendo como única alternativa realizar la reconstrucción. En esta fase aparecen las grietas longitudinales y debido a la acumulación de agua al interior de su estructura ocasionan el colapso del pavimento (Conza, 2016)

1.7.5 CLASIFICACION DE LAS FALLAS EN PAVIMENTOS

Según Jugo (2005) es una deficiencia en el pavimento que ocasiona, de inmediato o a largo plazo una reducción en la capacidad de carga de este, En su etapa más avanzada, la falla manifiesta la obstrucción general del pavimento. La identificación de una falla, que es definir su tipo y la causa que lo ha provocado, a veces es una cosa relativamente sencilla y obvia para personas experimentadas en el rango de la construcción de carreteras. En otros casos es necesario llevar a



cabo un reconocimiento completo de la zona fallada, y hacer una serie de estudios para recabar antecedentes y poder tratar los deterioros y corregirlos adecuadamente. (Jugo, 2005)

D.1 Fallas superficiales: estas fallas se originan en la extensión de la superficie o carpeta asfáltica, estas están presentes en la carpeta asfáltica y que no tienen nexo con la estructura de la calzada. El tratamiento de estas fallas se efectúa con solo tratar su superficie y asignar la impermeabilidad y rugosidad. (Gutierrez, 1994).

D.2 Fallas por insuficiencia estructural.

Estas están presentes en pavimentos construidos con materiales inadecuados en cuanto a su resistencia; otro caso podría ser también de materiales de muy buena calidad, pero con un diseño de espesor insuficiente para soportar las cargas del tráfico. Esta fallas se origina cuando las combinaciones de la rigidez al esfuerzo cortante de cada capa y teniendo en cuenta los espesores, no están apropiados para que se genere un buen mecanismo de resistencia de la estructura. (Rico & Del castillo, 2011)

D.3 Fallas por defectos constructivos.

Los pavimentos que presentan fallas por defectos constructivos pueden estar con materiales de muy buena calidad y que cumplen con los más altos estándares, pero debido defectos constructivos disminuyen el buen funcionamiento de las capas que conforman la estructura del pavimento. (Rico & Del castillo, 2011)

D.4 Fallas por fatiga.

los pavimentos que presentan fallas por fatiga se manifiestan en aquellos que se encontraban en funcionamiento normal y apropiado, pero debido a las cargas de tránsito impuestas por vehículos de alto tonelaje, sufrieron efectos de fatiga y degradación estructural. Esta falla es muy presente y es común después de un tiempo de uso del pavimento. se debe tener en cuenta que las fallas en los pavimentos flexibles, pueden aparecer de acuerdo al modo en que se presentan y se manifiestan.



1.7.6 Evaluación de pavimentos flexibles

Durante la evaluación de pavimentos flexibles se pueden diferir dos mecanismos importantes de degradación, fatiga y excedente de deformación estable o permanente. La fatiga es el tipo de falla que ocurre en las capas enlazadas y para el caso de estructuras flexibles, se hace presente cuando aparecen indicadores elevados de deformación a tracción en la zona inferior de la capa asfáltica. Este tipo de imperfección está enlazada a la acción resiliente que presenta la estructura del pavimento en respuesta a la carga impuesta por los vehículos. Entonces se produce la deformación inmediata esta se describe como deformación vertical que va acumulando el pavimento debido a los vehículos que transitan por este, y estas deformaciones producen fallas estructurales o funcionales en el pavimento (Rondòn & Reyes, 2007)

E.1 Evaluación funcional de pavimentos.

La evaluación funcional del pavimento flexible está relacionada con la superficie del pavimento además de considerar las características subterráneas las propiedades que definen la integridad de la calzada, o otras características de la superficie que definen la resistencia de fricción de seguridad de la superficie del pavimento.

E.2 Evaluación estructural de pavimentos.

E.2.1 Deflectometria.

La característica principal de la prueba deflectométrica está basado en la Norma ASTM D 4695, esta se ha adaptado para realizar un ensayo no destructivo que permita evaluar in situ el valor de soporte de la subrasante y la capacidad estructural del pavimento. Su medición y evaluación ayudan a descubrir fallas y carencias estructurales, de esta manera permite tomar decisiones de las necesidades de mantenimiento o reconstrucción de los pavimentos. (Garrido, 2017).

La viga Benkelman es una herramienta aliada en la evaluación estructural, por medio de ésta se puede medir deflexiones a nivel de superficie a cada distancia. Para lograr estas mediciones es necesario aplicar una carga de 18000 lb, proveniente de las llantas dobles del eje trasero simple de un camión. Estas deflexiones son medidas en un punto inicial de referencia y a cada distancia conforme avanza el camión de esta manera se crea la curva de deflexiones. La viga Benkelman Describe la deflexión vertical y precisa de una superficie del pavimento flexible bajo la acción de una carga estática normalizada que es transmitida por medio de ruedas duales y que sus presiones de inflado también están normalizadas.

Figura 6

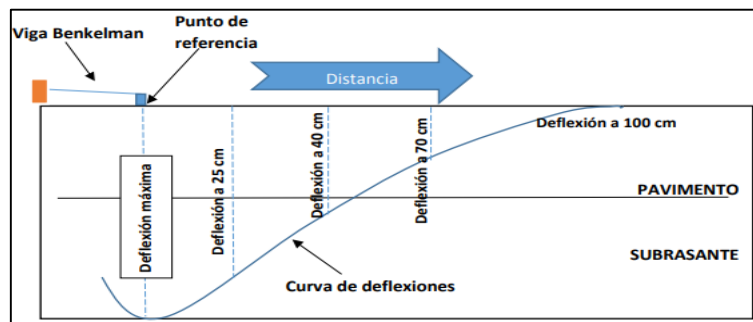


Figura 6. Deflexión De Viga Benkelman

Fuente: Javier Balarezo 2017



Figura 7. Viga Benkelman

Fuente: Internet



E.2.2 Rugosidad

La evaluación de pavimento proporciona información que puede ser utilizada tanto en el diseño como en la gestión de infraestructura, permitiendo priorizar las actividades de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucciones. La rugosidad esta descrita como la desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, las cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, el perfil transversal. Así queda indicado en la norma de ensayo ASTM E 867-06. "Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems".

El Índice de Rugosidad internacional (IRI). El IRI se aceptó por el Banco mundial en el año de 1986 como parámetro de medida de la regularidad superficial de un camino. Su proceso es viable correlacionarla con cualquier dispositivo o equipo de medición de la rugosidad de un pavimento. El procesamiento de datos del Índice Internacional de Rugosidad relaciona la agrupación del desplazamiento en valor absoluto, de la masa superior con relación a la inferior de un vehículo modelo, este a su vez divide entre la distancia recorrida sobre un camino concurrido por el vehículo a una velocidad de 80 km/hr. EL IRI se representa en unidades de mm/m, m/km, in/milla, etc. Para un camino pavimenta asfaltado el rango o grado de la escala del IRI es de a 0 a 12 m/km, donde 0 representa una área cabalmente semejante y 12 un carretera habitualmente escabroso (Arriaga, Garnica, & Rico, 1998).

E.2.3 Textura

La textura en los pavimentos flexibles es un indicador crítico en el confort y la seguridad de los usuarios, indispensable para el mantenimiento las carreteras. La textura interviene directamente en la respuesta del pavimento para retirar el agua de la interface neumático-pavimento y, a su vez la textura esta indirectamente relacionada con el valor del coeficiente de rozamiento del pavimento, este es de



suma importancia para tener una apropiada adherencia entre neumático y pavimento. Asimismo, la textura es la característica precisa en el nivel de ruido del tráfico, como el que perciben los ocupantes del vehículo y el ruido del entorno que limita la calidad de vida de los territorios limítrofes. Por otro lado la textura afecta la parte económica de los usuarios debido a mas consumo de gasolina, deterioro de los vehículos y también en el deterioro acelerado de los neumáticos. (Crespo del rio, 1999)

1.7.7 TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS

Las fallas consideradas por PCI son 19 a tener en cuenta en un pavimento flexible, las fallas son producidas por una inadecuada construcción en espesor de sus capas asicola compactación adecuada de ellas, por exceder cargas a las que no fue diseñada el pavimento para soportar y también surge desgastes o deterioros por los cambios climáticos al que puede estar sometido en el futuro (extensas lluvias, aumento del nivel de la napa freática, etc.). Las cuales causan perdida de algunas propiedades, generando que sea más corta su vida útil del pavimento. Por ausencia de su mantenimiento para su conservación (Rodriguez, 2019).

Tabla 03.
Tipo de fallas en el pavimento según PCI

FALLAS SEGÚN PCI	
Nº	TIPO DE FALLA
01	GRIETA PIEL DE COCODRILO
02	EXUDACION DE ASFALTO
03	GRIETAS DE CONTRACCION (BLOQUE)
04	ELEVACIONES-HUNDIMIENTOS
05	CORRUGACIONES



06	DEPRESIONES
07	GRIETAS DE BORDE
08	GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS
09	GRIETAS LUNGITUDINALES Y TRANSVERSALES
10	DESNIVEL CALZADA – HOMBRILLO
11	BACHES U ZANJAS REPARADAS
12	AGREGADOS PULIDOS
13	HUECOS
14	CRUECE DE RIELES
15	AHUELLAMIENTO
16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE
17	GRIETAS DESLIZAMIENTO
18	HINCHAMIENTO
19	DISGREGACION Y DESINTEGRACION

Fuente: Maestría En Vías terrestres módulo III Diseño de pavimentos I,
Evaluación de pavimentos, 2010

- i. GRIETA PIEL DE COCODRILO: Estas se encuentran en una zona donde hay más frecuencia de cargas de tránsito, estas tiene forma de polígonos de diferentes tamaños similares a la piel de cocodrilo. Generalmente esta falla se da por la fatiga de la carpeta asfáltica. (Rodriguez, 2019). Niveles de severidad:
- (L) Bajo: Las líneas no son tan pronunciada en el pavimento y no presenta desprendimiento del material.
 - (M) Medio: Se muestra los polígonos como la piel de cocodrilo y presenta algunos desprendimientos del material.



- (H) Alto: Las grietas son bien pronunciadas y se observa con facilidad el desprendimiento total del material.
- ii. EXUDACIÓN DE ASFALTO: Es un material bituminoso en la superficie del pavimento, esta superficie es brillante, pegajosa y reflectora. Esto generalmente se produce por ausencia de vacíos, por el exceso de asfalto en la mezcla y exceso de material sellante de asfalto. Niveles de severidad:
- (L) Bajo: La exudación es leve que se puede apreciar en algunos días del año. El asfalto no se pega a ninguna superficie que ejerza fuerza al momento de transitar sobre él.
 - (M) Medio: La exudación presenta un grado en el que se puede apreciar en algunas semanas del año un machado y pegado de asfalto en la superficie que ejerza fuerza al momento de transitar sobre él.
 - (H) Alto: La exudación es excesiva que se puede apreciar en algunas semanas del año provocando un machado y pegado de asfalto en la superficie que ejerza fuerza al momento de transitar sobre él.
- iii. GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE): La presencia de grietas de contracción que tienen una forma rectangular de diferentes dimensiones, indican que el asfalto se ha endurecido. Niveles de severidad:
- (L) Bajo: Son bloques con grietas de baja severidad. Como se define para grietas longitudinales y transversales.
 - (M) Medio: Son bloques con grietas de severidad media.
 - (H) Alto: Son bloques con grietas de severidad alta
- iv. ELEVACIONES-HUNDIMIENTO: Las elevaciones son material que sufre desplazamiento hacia arriba de la superficie y en los hundimientos su material se desplaza hacia abajo. Generando algunas ondulaciones en la superficie. Niveles de severidad:



- (L) Bajo: Los abultamientos o hundimiento generan un tránsito de baja severidad.
 - (M) Medio: Los abultamientos o hundimiento generan un tránsito de severidad media.
 - (H) Alto: Los abultamientos o hundimiento generan un tránsito de severidad alta.
- v. CORRUGACIONES: Estas ocurren a una distancia no mayor de 3 metros. Generalmente ocurre donde existe mayor transitividad siendo estas perpendiculares a la dirección del tránsito. Niveles de severidad (Rodríguez, 2019):
- (L) Bajo: Corrugaciones producen un tránsito de baja severidad.
 - (M) Medio: Corrugaciones producen un tránsito de mediana severidad.
 - (H) Alto: Corrugaciones producen un tránsito de alta severidad
- vi. DEPRESIONES: Son producidas por la deformación de la subrasante producen un hundimiento en la carpeta de rodadura la cual se puede observar con mayor facilidad en la épocas de lluvia, porque esta permite el almacenamiento de agua en toda su área deformada y así mismo podemos conocer también la deformación por el color que deja el agua en su superficie al evaporarse. (Rodríguez, 2019)

Niveles de severidad:

- (L) Bajo: La profundidad de esta será de 13 a 25 mm.
- (M) Medio: La profundidad de esta será de 25 a 51 mm.
- (H) Alto: La profundidad esta será mayor a 51mm.



- vii. **GRIETAS DE BORDE:** Estas son paralelas al eje de la vía que se encuentran a una distancia de 0.30 a 0.69 cm del borde del pavimento, en algunos casos son acompañadas de grietas transversales, estas pueden ser el resultado de la existencia de un asentamiento o desplazamiento de los agregados de las capas anteriores. Niveles de severidad (Rodríguez, 2019):
- (L) Bajo: Las grietas no sufren desintegración de sus componentes del pavimento.
 - (M) Medio: Las grietas sufren una ligera desintegración de sus componentes del pavimento y ruptura de los bordes.
 - (H) Alto: Las grietas sufren la desintegración de sus componentes del pavimento y existe grandes rupturas en los bordes.
- viii. **GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS:** Estas solo se presentan en pavimento de carpeta asfáltica construido sobre una losa de concreto de cemento portland. Estas grietas se presentan por lo general en forma longitudinal, diagonal, transversal y en bloque. Niveles de severidad (Rodríguez, 2019):
- (L) Bajo: presentan grietas sin relleno con un ancho menor a 10 mm y grietas rellenas con cualquier ancho.
 - (M) Medio: presentan grietas sin relleno con ancho no mayor a 76 mm.
 - (H) Alto: presentan grietas con relleno mayor a 76 mm y grietas sin relleno o con relleno son rodeadas de grietas aleatorias.
- ix. **GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES:** Las grietas longitudinales aparecen en el centro de la vía es decir son perpendiculares al eje de la vía sin embargo las grietas transversales son casi perpendiculares al eje de la vía y se presentan en casi toda la calzada (Rodríguez, 2019). Niveles de severidad:



- (L) Bajo: Presentan grietas sin relleno con un ancho menor a 10 mm y grietas rellenas con cualquier ancho.
 - (M) Medio: Presentan grietas sin relleno con ancho no mayor a 76 mm.
 - (H) Alto: Presentan grietas con relleno mayor a 76 mm y grietas sin relleno o con relleno son rodeadas de grietas aleatorias.
- x. DESNIVEL CALZADA-HOMBRILLO: Esto se da por un desnivel entre el borde del pavimento y el hombrillo. Niveles de severidad (Rodríguez, 2019):
- (L) Bajo: La diferencia en elevación será entre 25 y 51 mm.
 - (M) Medio: La diferencia será entre 51 y 102 mm.
 - (H) Alto: La diferencia será mayor a 102 mm.
- xi. BACHES Y ZANJAS REPARADAS: Los bacheos son imperfecciones que existen en el pavimento, sin embargo estas al ser reparadas para permitir un tránsito fluido provocan incomodidad al transitar sobre él. Es decir esta reparación que se realizó no cumple con la funcionalidad de la original. (Rodríguez, 2019). Niveles de severidad:
- (L) Bajo: El bacheo nos permite un tránsito fluido de baja severidad o menor.
 - (M) Medio: El bacheo está deteriorado el que permite un tránsito de severidad media.
 - (H) Alto: El bacheo tiene un gran deterioro el cual requiere una pronta sustitución tienen un tránsito de alta severidad.
- xii. AGREGADOS PULIDOS: Son agregados que por el gran contacto con el tránsito a sufrido un desgaste. Para ello no se define ningún grado de severidad.
- xiii. HUECOS: Estos se producen por la continuidad del flujo de tráfico en un



determinado lugar produciendo desprendimiento de las partículas, generando depresiones no mayores a un diámetro de 0.90 m, en muchos casos el crecimiento de los huecos son por la presencia de agua sobre estos. Niveles de severidad:

- (M) Medio: Si la profundidad del hueco es menor e igual a 25mm.
 - (H) Alto: Si la profundidad del hueco es mayor que 25mm.
- xiv. CRUECE DE RJELES: La existencia de abultamientos en las uniones de rejillas con el pavimento el cual causa un malestar el tránsito. (Rodríguez, 2019). Niveles de severidad:
- (L) Bajo: No perjudica la fluidez del tránsito de baja severidad.
 - (M) Medio: Existe un malestar leve en la fluidez del tránsito de severidad media
 - (H) Alto: Cusa un fuerte malestar el flujo del tránsito de severidad alta.
- xv. AHUELLAMIENTO: El alto nivel de transito al transmitir a través de sus neumáticos transmiten las cargas sobre el pavimento, produciendo con los neumáticos ahuellamientos, los cuales en muchos casos se podrán visualizar solo con la existencia de agua sobre el pavimento, es decir después de una lluvia. Niveles de severidad:
- (L) Bajo: La profundidad será entre 6 y 13mm.
 - (M) Medio: La profundidad será entre 13 y 25mm.
 - (H) Alto: La profundidad será mayor a 25mm.
- xvi. DEFORMACIÓN POR EMPUJE: Se producen cuando el transito realiza un empuje sobre el pavimento produciendo un desplazamiento del mismo. Así mismo puede suceder cuando existe un confinamiento entre un pavimento



asfáltico y un pavimento de concreto de cemento Portland. (Rodriguez, 2019)

. Niveles de severidad:

- (L) Bajo: No perjudica la fluidez del tránsito de severidad baja.
- (M) Medio: Existe un malestar leve en la fluidez del tránsito de severidad media.
- (H) Alto: Cusa un fuerte malestar el flujo del tránsito de severidad alta.

xvii. **GRIETAS DESLIZAMIENTO:** Son producidas por el tránsito, la interacción entre el neumático y el pavimento producen las grietas de forma parabólicas y a la vez también se da por tener una mezcla asfáltica de baja resistencia. Niveles de severidad:

- (L) Bajo: Ancho de la grieta menor a 10mm.
- (M) Medio: Ancho de la grieta entre 10mm y 38mm, existe presencia de fracturas al borde de la grieta.
- (H) Alto: Ancho de la grieta mayor a 38mm, existe presencia de fracturas al borde de la grieta que son de fáciles de mover.

xviii. **HINCHAMIENTO:** Este es producido por suelos expansivos, son hinchamientos hacia riba del pavimento asfáltico con una longitud mayor a 3 m. Niveles de severidad:

- (L) Bajo: No perjudica la fluidez del tránsito de severidad baja.
- (M) Medio: Existe un malestar leve en la fluidez del tránsito de severidad media
- (H) Alto: Cusa un fuerte malestar el flujo del tránsito de severidad alta.

xix. **DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN:** La superficie de carpeta asfáltica sufre una pérdida de material ligante asfáltico y partículas de agregados. Niveles



de severidad (Rodríguez, 2019):

- (L) Bajo: se desprenden algunos agregados o ligante.
- (M) Medio: se han desprendido el agregado o el ligante, siendo una superficie rugosa y ahuecada.
- (H) Alto: se han perdido de manera considere los agregados o ligante, siendo una superficie severamente rugosa y ahuecada.

1.7.8 MANTENIMIENTO

Los mantenimientos de los pavimentos flexibles, consiste en la prevención y cuidado de la vía, porque en ella se realizara diferentes técnicas de mantenimientos prolongando su vida útil del pavimento a bajo costo económico. (Sánchez, 2016).

F.1 MANTENIMIENTO RUTINARIO

Son todas las actividades de carácter preventivo que se ejecutan permanentemente a lo largo de la vía con la finalidad principal de preservar todos los elementos viales con la mínima cantidad de alteraciones o de daños. Es decir, se busca mantener las condiciones que se tenían después de la construcción, de la conservación periódica, de la rehabilitación o de la reconstrucción. Las actividades de conservación rutinaria serán ejecutadas desde el primer día de iniciado el servicio (entrega del adelanto o terreno) y se ejecutarán hasta el último día de vigencia del mismo. (Ferreyra, 2012)

La Fase de puesta a punto en vías asfaltada y afirmada, se realiza de acuerdo a los términos de referencia del contrato de mantenimiento por niveles de servicio se tiene previsto realizar estas labores durante seis meses. La fase de puesta a punto consiste en recuperar la transitabilidad de la vía. (Ferreyra, 2012). También,



durante este periodo se busca dar mantenimiento a las obras de drenaje (las alcantarillas, cunetas, badenes), ejecutar la limpieza de derrumbes que no excedan los 200 m³. y mantenimiento de la señalización:

- i) Horizontal como son las marcas en el pavimento;
- ii) La vertical como son: las guardavías, delineadores y señales preventivas reglamentarias e informativas.

Para mantener la vía transitable se requiere realizar labores de bacheo superficial y profundo así como realizar labores de desencalaminado de la vía. (Ferreyra, 2012).

Según (Ferreyra, 2012) para la Conservación rutinaria en vía asfaltada, las actividades que se tienen que realizar en las vías asfaltadas durante los trabajos de mantenimiento rutinario son las siguientes:

- Roce
- Poda, corte y retiro de arboles.
- Limpieza de obras de arte (alcantarillas, drenajes, tuberías, pontones, puentes vehiculares y peatonales, viaductos, túneles, etc.).
- Limpieza de calzada y bermas.
- Limpieza de cunetas, rápidas y zanjas de coronación.
- Limpieza de señales verticales, hitos kilométricos, postes delineadores, defensas metálicas y defensas en concreto.
- Pintura, renovación de hitos kilométricos.
- Remoción de derrumbes a lo largo de las rutas contratadas, en material común o conglomerados (de hasta 200 m³ por evento), incluido la eliminación a los botaderos autorizados.
- Sello de fisuras.
- Bacheo localizado tanto superficial como profundo.
- Reposición de señales, hitos y elementos de seguridad vial.



F.2. MANTENIMIENTO PERIODICO

Son actividades de mantenimiento que se ejecutan en períodos, por lo general, de más de un año y que tienen el propósito de preservar las características superficiales, de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Ejemplos de esta conservación son la colocación de capas de refuerzo o recapados en pavimentos asfálticos, el recubrimiento de vías no pavimentadas con tratamiento bituminoso, la reposición de afirmados y la reconformación de la plataforma existente en vías afirmadas, y las reparaciones de los diferentes elementos físicos del camino. En los sistemas tercerizados de conservación vial, también se incluyen actividades socio ambientales, de atención de emergencias viales y de cuidado y vigilancia de la vía. (Ferreyra, 2012).

En los trabajos de mantenimiento periódico en vía asfaltada, la conservación periódica se ejecutara al inicio del contrato, y generalmente consistirá en la colocación de un Slurry Seal en toda la calzada. Al término de los trabajos de conservación periódica el Tramo debe alcanzar un IRIp (IRI promedio) igual o menor a 2.5 metros/kilómetro. (Ferreyra, 2012). Las actividades previstas a realizar son las siguientes:

- Movilización y desmovilización.
- Tratamiento de fisuras.
- Parchado.
- Colocación de mortero asfáltico (Sello asfáltico)
- Reposición de señal informativa.
- Reposición de señal preventiva.
- Reposición de señal reglamentaria.
- Reposición de hitos kilométricos.
- Reposición de guardavías.
- Marcas en el pavimento.

1.7.9 EMULSIONES ASFALTICAS

Esta parte de la investigación toma y desarrolla los conceptos de: Manual Centroamericano para el diseño de pavimentos y al Manual Básico de Emulsiones Asfálticas (Asphalt Institute & Asociación de Fabricante, de Emulsiones Asfálticas (Asphalt Emulsion Manufacturer Association AEMA), 2001). De los mismos extraen ensayos los cuales se plasman en la presente. “Podemos definir una emulsión como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. Las emulsiones son sistemas formados por dos fases parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada la fase discreta (o dispersa) y la otra fase continua (o dispersante). Esto puede apreciarse en la Figura 4, en donde se muestra un dibujo esquemático de una emulsión” (Instituto Mexicano del Asfalto, 2001)

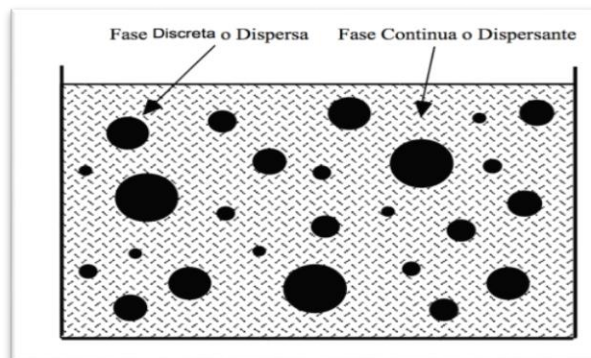


Figura n° 08: Diagrama esquemático de una Emulsión

Desde el punto de vista físico - químicos, de una manera muy general una emulsión es una dispersión de un líquido en otro este último debe ser inmisible. Por lo dicho anteriormente una emulsión asfáltica es una dispersión de macropartículas de cemento asfáltico en una matriz acuosa estabilizada. Existen dos tipos de emulsiones según la fase dispersa y dispersante. Por el tipo de emulsificante las emulsiones se clasifican en tres grupos:

- Aniónica
- Catiónica
- No Aniónica

En la construcción y mantenimiento vial se utilizan las dos primeras, la última puede ser utilizada a futuro. Las clases Aniónica y Catiónica se refieren a las cargas eléctricas que rodean las partículas de asfalto. La identificación se deriva del sistema de leyes básicas de electricidad - cargas, cargas de igual signo se repelen y de diferente signo se atraen. Cuando se carga dos polos ánodo y cátodo (negativo y positivo) sumergiendo en un líquido a través del cual se pasa una corriente eléctrica, el ánodo se carga de forma positiva y el cátodo de forma negativa. Si se pasa una corriente a través de la emulsión que contiene partículas de asfalto negativamente cargadas estas migran al ánodo. La emulsión en este caso se llama Aniónica. En caso inverso serán emulsiones catiónicas. Las emulsiones no iónicas tienen partículas de asfalto neutras y no migran a ningún polo. (Vera, 2015)

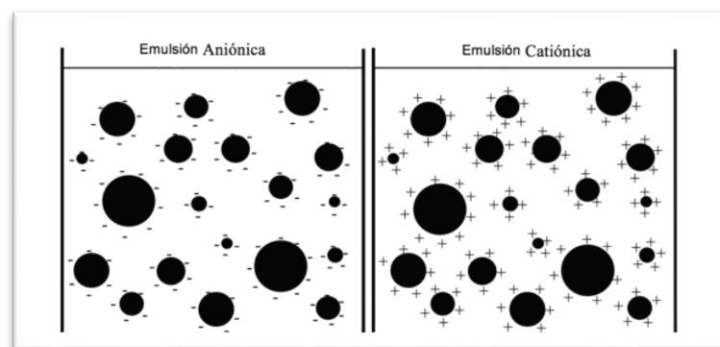


Figura nº 09: Esquema de una emulsión aniónica y de una catiónica.

Las emulsiones pueden clasificarse según la velocidad de rotura, que es la velocidad que la emulsión vuelve a ser cemento asfáltico. Se utilizan letras de la velocidad en idioma inglés, por facilidad para identificar los tipos de emulsiones. Los términos que se usan significan Rotura rápida RS (Rapid Setting), Rotura Media MS (Medium Setting) y Rotura lenta SS (Slow Setting). La rotura es una propiedad que puede facilitar el mezclado. Una emulsión RS tiene mínima o carece de habilidad para mezclarse con un agregado, una emulsión MS se espera que se mezcle con agregados gruesos, pero no finos y una emulsión SS permite la mezcla con agregados finos (Asphalt Institute & Asociación de Fabricante, de Emulsiones Asfálticas (Asphalt Emulsion Manufacturer Association AEMA),

2001). Las emulsiones se sub dividen adicionalmente mediante la incorporación de números que indican la viscosidad y la dureza de los cementos asfálticos utilizados como bases. Se incorpora la letra "C" anterior al tipo de emulsión que significa que esta emulsión es Catiónica, la ausencia significa que es aniónica o no iónica. La norma ASTM adiciona tres grados de emulsión aniónica de alta flotación y rotura media, se denomina HFMS, los mismos que tienen su uso en mezclas en planta frías y calientes, riegos de sellado de agregados gruesos y mezclas en vía. Estas emulsiones de alta flotación tienen una cualidad especial la formación de películas de cubrimiento más gruesas sin riesgos de escurrimiento. Finalmente podemos mencionar que para condiciones especiales se desarrolló un tipo de emulsión de rotura veloz QS (Quick Setting) para las lechadas asfálticas, el uso de estas va en crecimiento por dar solución a los problemas relacionados con el uso de lechadas (Vera, 2015)

Tabla 04: Clasificación de las emulsiones asfálticas

Clasificación	Contenido de Asfalto (% en masa)	Tipo de Rompimiento	Polaridad
EAR-55	55	Rápido	Aniónica
EAR-60	60	Rápido	Aniónica
EAM-60	60	Medio	Aniónica
EAM-65	65	Medio	Aniónica
EAL-55	55	Lento	Aniónica
EAL-60	60	Lento	Aniónica
EAI-60	60	Para Impregnación	Aniónica
ECR-60	60	Rápido	Catiónica
ECR-65	65	Rápido	Catiónica
ECR-70	70	Rápido	Catiónica
ECM-65	65	Medio	Catiónica
ECL-65	65	Lento	Catiónica
ECI-60	60	Para Impregnación	Catiónica
ECS-60	60	Sobre-Estabilizada	Catiónica

F.1 Pruebas de laboratorio y campo

Antes de ser utilizado, el asfalto debe ser sometido a una serie de pruebas que permiten determinar algunas propiedades que debe cumplir para un uso particular. Los diferentes ensayos se agrupan en cinco categorías (Vera, 2015).

F.2 Ensayos para medir consistencia

El asfalto es un material termoplástico, por lo que su consistencia varía en mayor o menor grado con la temperatura. La consistencia se define como el grado de



fluidez a una determinada temperatura que tiene un asfalto. Si se quiere realizar comparaciones entre ellos, es necesario medir su consistencia a una misma temperatura de condición de carga. Los ensayos más utilizados para medir la consistencia de los cementos asfálticos son los siguientes (Vera, 2015):

- Viscosidad absoluta a 140 °F (60 °C) ASTM D-2171
- Viscosidad cinemática a 275 °F (135 °C) ASTM D-2171
- Viscosidad Saybolt Furol ASTM E 102-93(2003)
- Penetración a 25°C ASTM D-5

F.3 Ensayos de durabilidad

Los cementos asfálticos sufren un mayor o menor grado de envejecimiento cuando son mezclados con los agregados en una planta asfáltica en caliente. El envejecimiento continúa durante toda la vida del pavimento por la acción del medio ambiente y otros factores.

Los siguientes ensayos son utilizados para medir de manera más que menos aproximada el envejecimiento de un cemento asfáltico.

- Película delgada (TFO) ASTM D-1754
- Rolling Thin Film Oven (RTFO) o Película fina rotativa ASTM D-2872.

F.4 Ensayos de pureza

Los cementos asfálticos están constituidos por bitumen puro, el cual por definición es completamente soluble en disulfuro de carbono. Sólo un porcentaje muy pequeño de impurezas está presente en el cemento asfáltico obtenido de refinería. Para determinar el grado de impureza del cemento asfáltico se utiliza el siguiente ensayo:

- ✓ Solubilidad ASTM D-2042

F.5 Ensayo de seguridad

Si el cemento asfáltico es calentado a temperaturas altas, se producen vapores que



en presencia de alguna chispa se pueden incendiar. Por lo tanto, se hace necesario realizar los siguientes ensayos:

- ✓ Punto de inflamación o Flash Point.
- ✓ Método de la copa Cleveland. ASTM D-92

F.6 Rotura y curado de una emulsión

• Rotura:

Para que la emulsión asfáltica cumpla su objetivo final, esto es, actúe como ligante con propiedades cementantes e impermeabilizantes, el agua debe separarse de la fase asfáltica y evaporarse. Esta separación se denomina "rotura" (breaking). (ASPHALT INSTITUTE; AEMA, 2001). Para tratamientos superficiales y sellos, se formulan las emulsiones para romper una vez entren en unión con un agregado o la superficie de un pavimento, que resultan ser una sustancia extraña. El tiempo de rotura o fraguado es la velocidad a la cual los glóbulos de asfalto se separan de la fase acuosa. Los glóbulos de asfalto entran en coalescencia y producen una membrana continua de asfalto sobre el agregado o pavimento. Las emulsiones utilizadas para mezclas se sugieren para rotura retardada. Para mezclas densas, se requiere más tiempo para admitir el mezclado y fraguado. La coalescencia del asfalto se conoce como rotura o fraguado. Por ejemplo, una emulsión de rotura rápida romperá entre uno a cinco minutos después de ser aplicada, mientras que una emulsión de rotura media o lenta puede tomar un tiempo mayor. (Vera, 2015)

La velocidad de rotura depende de factores como: el tipo específico y concentración del agente emulsificante empleado en la emulsión, así como por las condiciones atmosféricas. La tasa de absorción de los diferentes tipos de agregados favorece la succión de líquidos, afectando la rotura porque está vinculada con las características de absorción del agregado usado. Los agregados con altas tasas de absorción tienden a acelerar la rotura de la emulsión por motivo de una remoción más rápida del agua emulsionante. (Asphalt Institute & Asociación de Fabricante, de Emulsiones Asfálticas (Asphalt Emulsion Manufacturer Association AEMA), 2001). La velocidad de rotura en agregados que constituyen



mezclas formadas por emulsión y agregado, la gradación y área superficial del agregado son también factores significativos. Al cambiar el área superficial, las características de rotura del medio también cambian debido a la alteración de la absorción (acumulación en la superficie) del agente emulsificante por el agregado. Con miras a obtener óptimos resultados, es necesario controlar el tamaño del agregado o ajustar la formulación de la emulsión para cumplir los requisitos del agregado.

- **Curado:**

Para usos en pavimentación, tanto las emulsiones aniónica como las Catiónica dependen de la evaporación del agua para el desarrollo de sus características de curado y adherencia. El desplazamiento del agua puede ser bastante rápido bajo entornos favorables del clima; pero, pueden interferir con un curado apropiado una alta humedad, baja temperatura o lluvia, poco tiempo después de la aplicación. A pesar de que las condiciones superficiales y atmosféricas son menos críticas para las emulsiones Catiónica que para las aniónica, aun dependen de las condiciones climáticas para lograr óptimos resultados. Una de las principales ventajas del uso de emulsiones Catiónica, es la propiedad de dejar el agua un poco más. Investigaciones diversas proponen que las emulsiones aniónica por tener carga negativas en los glóbulos de asfalto tienen un mejor comportamiento cuando se los combina con agregados en que mayoritariamente tengan cargas positivas en su superficie como las calizas. Por tener las cargas positivas sobre los glóbulos de asfalto, las teorías también sostienen que las emulsiones Catiónica dan como resultado un comportamiento mejor con agregados que tiene cargas negativas en superficie como agregados silíceos o graníticos. (Vera, 2015). Sin embargo, podemos afirmar que no existe un acuerdo pleno sobre esto último porque existen estudios recientes que contradicen las teorías tradicionales. Cuando se usan emulsiones de rotura rápida tanto Catiónica como aniónica, la generación de la principal unión resistente entre la película de asfalto y los agregados, viene después de la pérdida del agua emulsificante. Esta película de agua puede ser desplazada por evaporación, presión (envolvimiento), o por absorción, cuya combinación de esos tres factores son en el uso real de lo que dependerá la rotura (Vera, 2015).



1.7.10. Características del slurry seal

En este aspecto es importante conocer que, en otros países se ha utilizado ampliamente esta técnica y se ha medido su desempeño el cual ha sido mejor que el proyectado. Podemos destacar las siguientes características del Slurry Seal (PISA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA S.A., 2016):

- Se desempeña como sello e impermeabilizante de la carpeta asfáltica, protegiendo la estructura del pavimento de factores externos, ya que son ricas en asfalto modificado con polímeros.
- Aplicación en frío haciéndola amigable con el medio ambiente.
- Mejoran el estado superficial del pavimento corrigiendo ahuellamientos menores, sin la necesidad de generar aporte estructural.
- Excelente relación costo-beneficio frente a otras alternativas de protección con rápida apertura al tráfico.
- Generan una superficie con mejor resistencia al deslizamiento, mejorando la condición de seguridad de la vía.
- Generan una superficie con mejor rugosidad, mejorando la condición de comodidad de la vía.
- Recuperan las superficies desgastadas y afectadas por fenómenos de pérdida de agregados o de ligante.

El Slurry Seal es una mezcla de agregado fino bien graduado, relleno mineral (filler), emulsión asfáltica (de rompimiento lento "CRL" o acelerado "CRR") y agua, que adquiere un aspecto "cremoso" que endurece en un corto periodo de tiempo para ofrecer una superficie resistente y segura para el tránsito (Cruzado, 2019)

Durante todo el proceso de diseño y constructivo, se realiza los ensayos de laboratorio para medir la consistencia y estabilidad de los materiales y las mezclas, u otras características de composición además del desempeño. El propósito de los ensayos es proveer información para establecer los requisitos de especificación,



también para controlar la uniformidad del producto y la calidad durante la fabricación, construcción y uso, y finalmente para predecir y controlar el manejo, el almacenamiento y las propiedades de desempeño en campo, de acuerdo con lo establecido por las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del MTC. (PISA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA S.A., 2016)

1.8 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

- **Mejoramiento Superficial:** Esta acción de conservación se aplica cuando el pavimento presenta fallas de tipo funcional. Es decir, cuando los deterioros que presente el pavimento sólo afectan a la capa de rodadura y se requiere efectuar algún trabajo superficial para corregir las fallas observadas y mejorar las características de funcionalidad de la carretera. En este caso, tradicionalmente se ha aplicado una auscultación y un estudio del pavimento con ciertos tipos de trabajo, que permitan definir las acciones por ejecutar mediante la formulación de un dictamen técnico y un análisis de costos. (Cruzado, 2019)
- **Pavimento Asfáltico:** Este pavimento está constituido de material granular y tiene una capa de rodadura de material asfáltico, permitiendo la distribución de cargas de forma uniforme en toda su estructura y así es más resistente a la propagación de fallas en su estructura.
- **Vía:** Es un lugar donde permite el libre tránsito peatonal y vehicular respetando debidas señalizaciones de tránsito y así mismo permite el acceso a las construcciones que se encuentren a su alrededor. Vías internas se refiere cuando están dentro de un terreno de propiedad particular cercado no accesible a todo el publico libremente sino que el acceso es restringido.



1.9 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

El estado de conservación de la vía de pavimento asfáltico en las vías internas de la Ciudad Universitaria UNT, utilizando el método índice de condición del pavimento, es regular, y para su mantenimiento bastará con la colocación de una capa de micropavimento.



CAPITULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 MATERIAL:

a. Materiales:

- Regla: Medir las deformaciones en el pavimento
- Conos de seguridad: Para aislar el área que se va a estudiar
- Wincha: Instrumento de 50 metros de longitud para medir las falla encontradas en el pavimento.
- Odómetro: Instrumento que se usa para medir grandes distancia en metros lineales

b. Humano:

- Autor : Bach. Cruzado Jerónimo, Julio
- Asesor : Mg. / Ing. Enrique Durand Bazán

c. Servicios:

Este proyecto no recibe ningún servicio para su ejecución.

2.2 MATERIAL DE ESTUDIO

2.2.1 Unidad de estudio

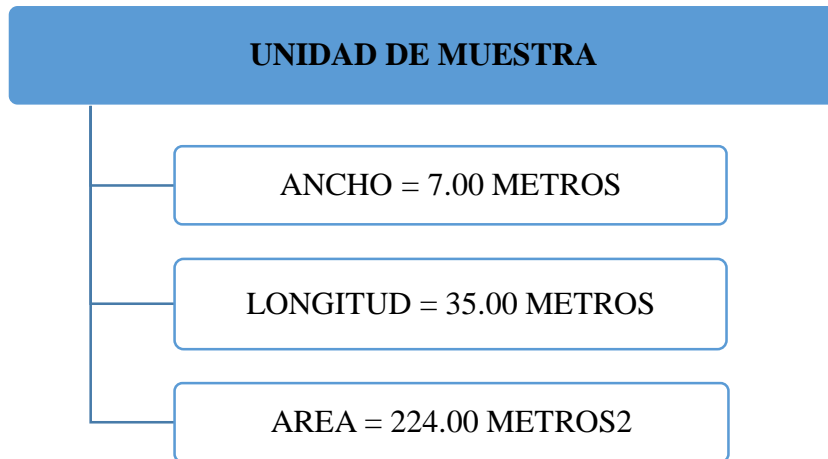


Figura 10. Dimensión de unidad de muestra

2.2.2 Población.

Es todo la vía de pavimento flexible de la Vías internas UNT que consta de 3 km de longitud, la cual está ubicada en el Distrito de UNT.

2.2.3 Muestra (Muestreo).

No probabilístico / Convencional:

La técnica de muestreo es No Probabilístico: Todos los tramos de muestreo de la población no tienen la misma probabilidad de ser escogidos para ser estudiadas, porque estas se escogerán de acuerdo al juicio o criterio del investigador. (Rodríguez, 2019)

Por conveniencia: Los tramos en estudio son en las zonas donde existe mayor cantidad de flujo de tránsito y a la vez tomamos los que nos



muestren gran cantidad de número de fallas producidas a lo largo de toda la vía, porque así estos tramos nos dará mayor información del deterioro de la Vías internas UNT.

Según la metodología del índice de condición de pavimento PCI, la que indica que la longitud de muestra se da por el ancho de la calzada del pavimento. La unidad de estudio tiene un ancho de calzada de 6.40 m entonces la longitud de la muestra es de 35 m.

Tabla 05
Detalle de calzada de la Vías internas UNT

MUESTRA	LONGITUD (M)
Ancho De La Calzada	6,40
Longitud Total	505,00
Longitud De La Muestra	35,00
Total De Muestras	12

Fuente: Tesista

2.3 TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS.

2.3.1 Recolección de datos.

La técnica a usar para la recolección de datos en esta investigación es la observación, porque nos permitirá obtener datos reales, en sus características y cualidades en su forma natural de las fallas encontradas en la estructura ya que estas no serán manipuladas en ningún momento, de esta manera podemos determinar los niveles de severidad que tengan las fallas.



El instrumento de recolección de datos será la Guía de observación: el instrumento a usar para la anotación de recolección de datos obtenidos en campo será las plantillas de manual del PCI, así mismo para el proceso de ejecución de datos y poder obtener el grado de daño, severidad y densidad de las fallas encontradas en el pavimento flexible se hará por el método del PCI (Anexo numero 1)

La Validez del instrumento de recolección de datos: La guía de observación está reglamentada por las normas y reglas del Método Pavement Condition Índice (PCI) y a la vez validada por el Ing. Enrique Durand Bazan, asesor de la tesis.

2.3.2 Para procesar datos.

Para la elaboración del análisis de datos se realizara mediante estadística descriptiva por ser este un proyecto no experimental. Instrumento de recolección de datos:

La presente investigación es de tipo No Experimental porque se realiza sin manipular las variables y las observamos tal y como se dan en el contexto para luego analizarlos, y es de diseño no experimental porque tiene una secuencia temporal y son realizadas con investigaciones que ya se han realizado – transversal, porque debemos analizar nuestra variable en un momento dado – descriptiva, porque se aplicada describiendo la unidad de estudio.



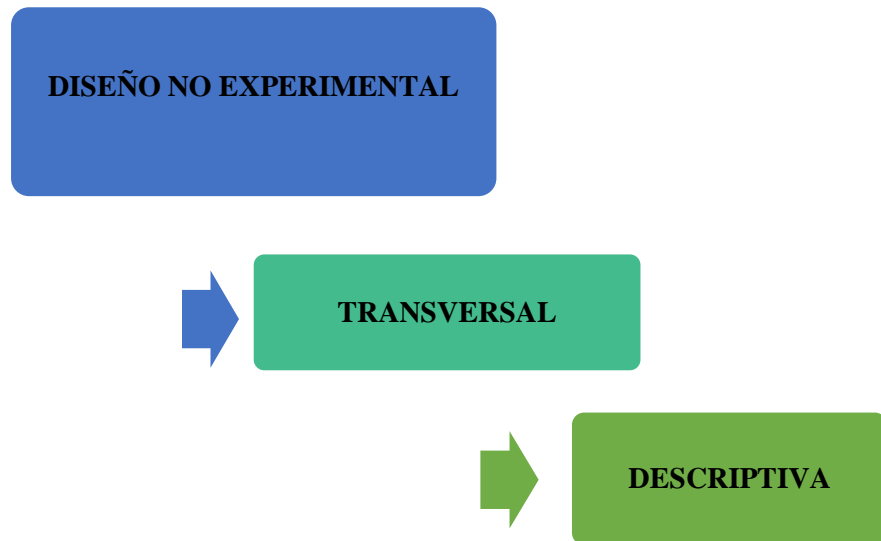


Figura 11. Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación es de tipo no experimental por tener una sola variable la cual no será afectada y porque se analizará los datos en su esta natural. Por lo tanto es de diseño no experimental y a la vez transversal porque toda la investigación se realizara en un mismo periodo de tiempo para la obtención de los datos así como la ejecución de los mismos para la obtención de resultados. Como también es descriptiva porque se va a obser y describir a toda la estructura en su estado natural sin alteración alguna sobre ella.

Método de procesamiento de datos.El p rograma usado para procesar datos es el Excel. Adicionalmente usaremos:

- Diagramas:

La presente investigación usara gráficos estadísticos por tener una variable cualitativa de este proyecto a desarrollar nos da diagramas como el de barras y sectores (diagrama de pastel), para un adecuado grafico de sus resultados obtenidos.

- Diagrama de barras Y Diagrama de Pastel: Que nos permite graficar los resultados obtenidos como: ver el tamaño de la severidad y el rango según el PCI, de las fallas encontradas en el pavimento. La utilización de colores nos ayudan a identificar de manera fácil cual es el estado de conservación del pavimento según el PCI.

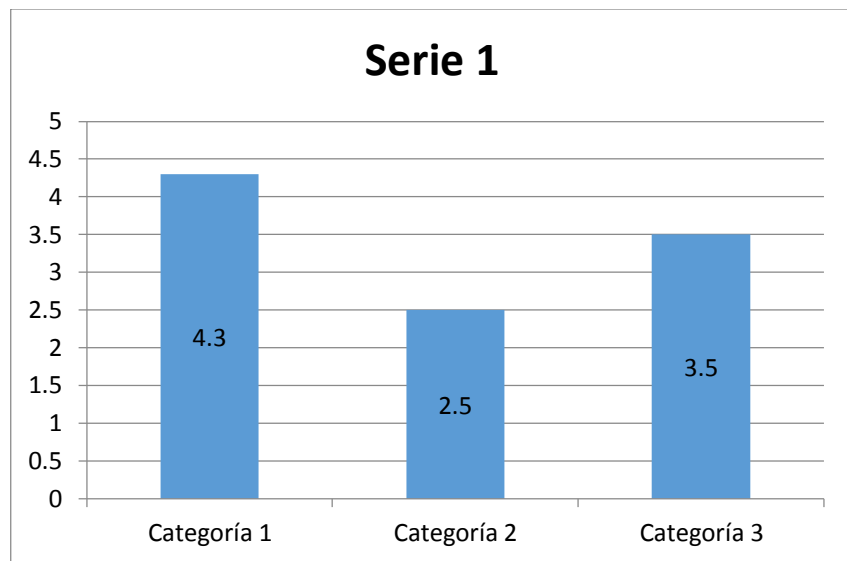


Figura 12. Diagram de barras

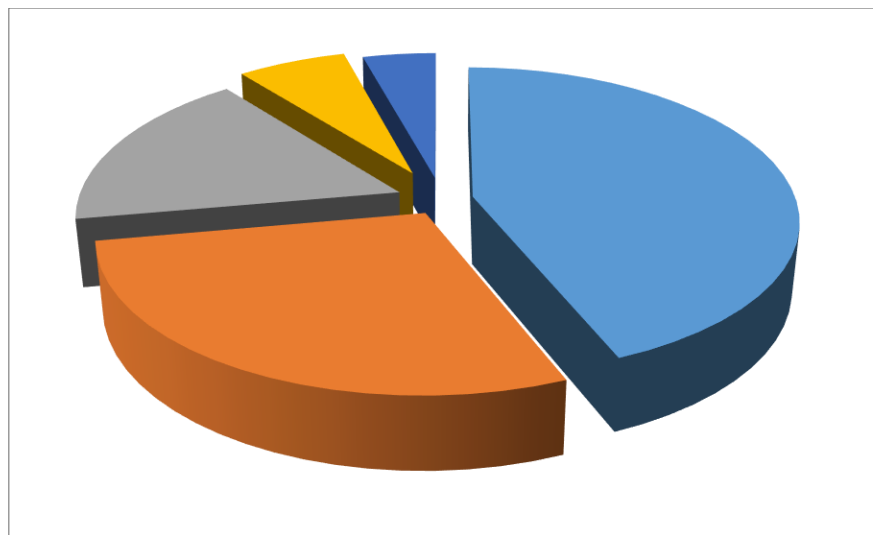


Figura 13. Diagrama de sectores

El Procedimiento de análisis de datos es el Siguiente:



Figura 14. Método de procedimiento de análisis de datos

2.4 OPERACIONALIZACION DE VARIABLE.

- Variable:

Diseño Del Mantenimiento de la Via: A partir del estado de conservación, el mantenimiento de una vía es un coajunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica (Manual De Carreteras Conservación Vial, Pagina 1-CI 13).



Esta según su naturaleza es una variable Cualitativa; porque nos permite evaluar diferentes características del pavimento en estudio los culés se clasificaran mediante una minuciosa observación en campo.

Tabla N° 06 Operacionalización de variable

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	und.
Diseño del Mantenimiento Vías Internas de la Ciudad Universitaria UNT	Topografía de la Zona	Pendiente	(%)
		trazo longitudinal	(m)
		perfiles longitudinales	(m)
		Secciones	(m3)
	Levantamiento de fallas del pavimento	GRIETA PIEL DE COCODRILO	(%)
		EXUDACION DE ASFALTO	(%)
		GRIETAS DE CONTRACCION (BLOQUE)	(%)
		ELEVACIONES-HUNDIMIENTOS	(%)
		CORRUGACIONES	(%)
		DEPRESIONES	(%)
		GRIETAS DE BORDE	(%)
		GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS	(%)
		GRIETAS LUNGITUDINALES Y TRANSVERS	(%)
		DESNIVEL CALZADA – HOMBRILO	(%)
		BACHES U ZANJAS REPARADAS	(%)
		AGREGADOS PULIDOS	(%)
		HUECOS	(%)
		CRUECE DE RIELES	(%)
		AHUELLAMIENTO	(%)
		DEFORMACIÓN POR EMPUJE	(%)
		GRIETAS DESLIZAMIENTO	(%)
	HINCHAMIENTO	(%)	
	DISGREGACION Y DESINTEGRACION	(%)	
	Diseño Mantenimiento	Bacheo	m.
		Recapeo	m.
		Elem. Verticales	m.
		Otro	m.

Fuente: Elaboración propia



CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION.

3.1. Situación Actual

Se muestra en la Tabla 08, la cual indica la cantidad de fallas encontradas en el pavimento flexible estudiado. Tenemos que la mayor falla encontrada es agrietamiento en bloque, grietas de borde, desnivel de carril / berma y grietas longitudinales y transversales, también podemos ver que la falla con menor cantidad es piel de cocodrilo, exudación, elevación y hundimiento, corrugación, depresión, parches, huecos, ahuellamiento, desplazamiento, grietas parabólicas, hinchamiento y desprendimiento de agregados.

Tabla 07.

Número de fallas según su tipo

NUMERO DE FALLAS SEGÚN SU TIPO			
Nº	TIPO DE FALLA	TOTAL	%
01	GRIETA PIEL DE COCODRILO	8	1%
02	EXUDACION	5	1%
03	GRIETAS DE CONTRACCION (BLOQUE)	120	17%
04	ELEVACIONES-HUNDIMIENTOS	24	3%
05	CORRUGACIONES	12	2%
06	DEPRESIONES	1	0%
07	GRIETAS DE BORDE	287	40%
08	GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS	0	0%
09	DESNIVEL CARRAL / BERMA	124	17%
10	GRIETAS LUNGITUDINALES Y TRANSVERSALES	56	8%
11	PARCHES	12	2%
12	PULIMIENTOS DE AGREGADOS	0	0%



13	HUECOS	15	2%
14	CRUECE DE VIAS FERREAS	0	0%
15	AHUELLAMIENTO	22	3%
16	DESPLAZAMIENTO	0	0%
17	GRIETAS PARABOLICAS	0	0%
18	HINCHAMIENTO (SPLIPAGE)	2	0%
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	36	5%
TOTAL		724	100

3.2. RESUMEN DE RESULTADOS DEL PCI EN LA VIAS INTERNAS UNT

Tabla 08 Calificación del PCI por unidad de estudio

RESULTADOS					
UNIDAD DE MUESTRA	AREA	PCI	CALIFICACIÓN	PCI PONDERADO	CALIFICACIÓN
U-1	224	60	Bueno	51	BUENO
U-2	224	48	Regular		
U-3	224	17	Muy Malo		
U-4	224	44	Regular		
U-5	224	85	Muy Bueno		
U-6	224	51	Regular		
U-7	224	73	Muy Bueno		
U-8	224	42	Regular		
U-9	224	72	Muy Bueno		
U-10	224	36	Malo		
U-11	224	17	Muy Malo		
U-12	224	19	Muy Malo		
U-13	224	64	Bueno		
U-14	224	18	Muy Malo		
U-15	224	22	Muy Malo		

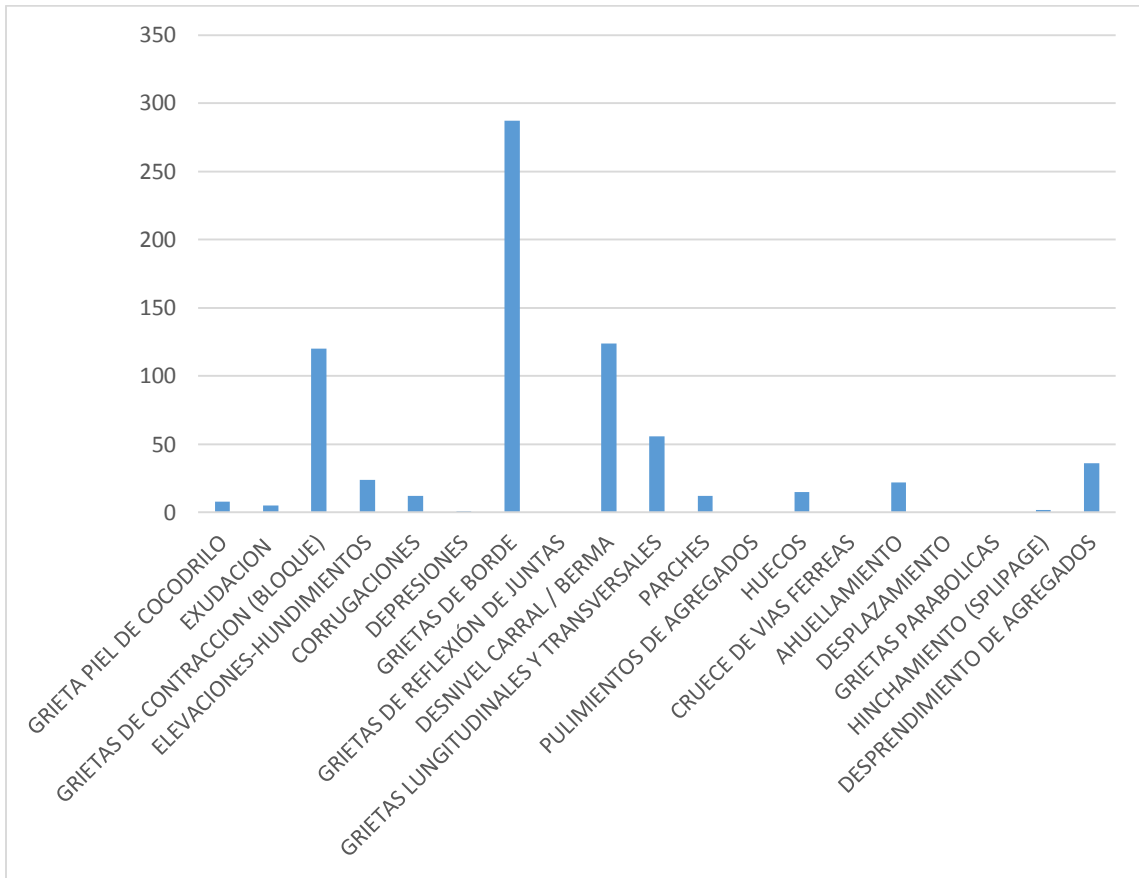


Figura 15. Numero de fallas encontradas según su tipo

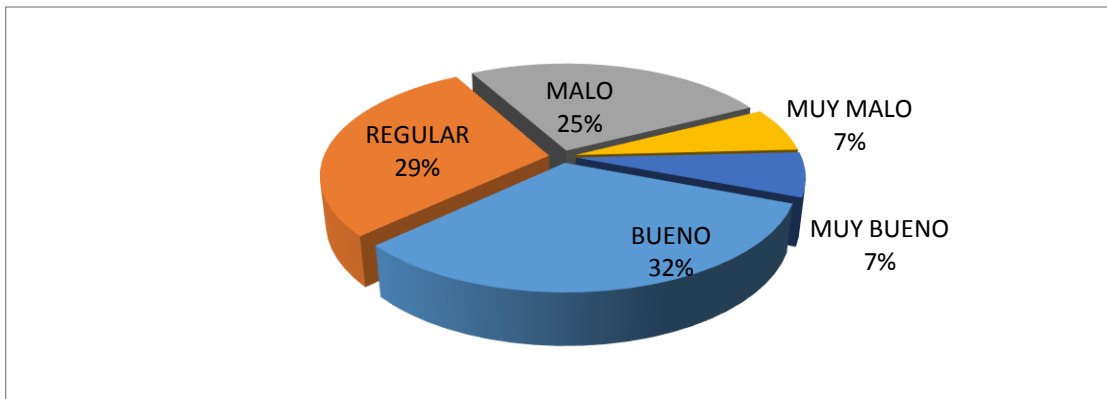


Figura 16. Porcentaje de pavimento con la calificación de bueno, malo, muy bueno, muy malo, regular



La Universidad Nacional de Trujillo, tiene una área de **436,858.63 metros cuadrados**, en merito a esto, esta cuenta con una serie de vías asfaltadas que facilitar las comunicación vehicular entre sus diferentes facultadas y áreas administrativas, Actualmente estas vías de comunicación interna han sufrido desgaste en la capa de rodadura producto de uso, del tiempo y de los eventos climáticas de los últimos años, estos hechos han ocasionado el envejecimiento y desgaste de las vías de comunicación interna, provocando en algunos casos la pérdida total del asfalto, y adicionalmente del afirmado creando huecos que imposibilitan el tránsito, ocasionando malestar en todos aquellos que hace uso de estas vías, en tal sentido es necesario dar el mantenimiento integral de esta infraestructura, dichas condiciones desfavorables se detallan a continuación:

- a) Desgaste de la carpeta asfáltica.
- b) Perdida de la carpeta asfáltica en algunos sectores de vías.
- c) Perdida del afirmado.
- d) Envejecimiento prematuro de la carpeta.
- e) Decolorado y borrado de las marcas horizontales en las vías.
- f) Despintado de las señales en las veredas y bordillos.

Durante la inspección ocular a las vas internas de la ciudad universitaria se ha podido constatar que han sido afectadas por el escurrimiento de las aguas de lluvias ocasionando huecos y desgaste de la carpeta de rodadura, teniendo presente este precedente se hace preciso tomar medidas correctivas y preventivas para el mejoramiento de la infraestructura vial en las diversas zonas afectadas, para lo cual se requiere el mantenimiento respectivo.

3.2 Sellos asfálticos

Los sellos asfálticos consisten en recubrimientos sobre pavimentos flexibles con un riego asfáltico, combinado con algún agregado o sólo, cualquiera fuera la extensión de la superficie por tratar. Los tipos de sellos que aquí se incluyen son: lechada asfáltica, riego con emulsión, sello de arena-asfalto y tratamiento



superficial simple. El objetivo del sello asfáltico es la protección oportuna de pequeñas fisuras y resquebrajamientos que se presentan en la superficie y que normalmente son precursores de daños graves cuando no hay una intervención a tiempo. Asimismo, se utilizan para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento, o en su mayor parte para recuperar las condiciones superficiales de calzadas desgastadas o pulidas y, de esta manera, contribuir a una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. La actividad de los sellos asfálticos se debe realizar en el menor tiempo posible después que las fisuras y los daños superficiales se han desarrollado y su presencia es visible en el pavimento; en este sentido, las técnicas de sellado asfáltico son medidas que pueden ser preventivas, correctivas o ambas. (Ferreyra, 2012).

Lo anterior requiere de inspecciones permanentes de la calzada con el fin de identificar su aparición prontamente para proceder a su reparación. (Ferreyra, 2012)

Entonces, los sellos asfálticos son eficaces para tratar los siguientes tipos de daños en el pavimento (Ferreyra, 2012):

- Desgaste de la superficie de una mezcla asfáltica, el cual ocurre cuando se utilizan agregados poco resistentes que se fracturan con el paso vehicular y provocan pérdidas de asfalto.
- Corrección de pequeñas fisuras y resquebrajamientos de la carpeta asfáltica.
- Falta de adherencia superficial de la carpeta, la cual se presenta cuando en las mezclas asfálticas se utilizan agregados que no tienen afinidad con el asfalto y el tránsito produce un desgaste del ligante, dejando las partículas más gruesas expuestas. Este daño puede provocar una disminución en el coeficiente de fricción pavimento-neumático que puede resultar muy peligrosa.
- Corrección de la carencia de una cantidad adecuada de asfalto en la mezcla, originada por deficiencias durante la construcción.



Las principales aplicaciones de las técnicas de sellado asfáltico para la conservación de pavimentos flexibles son (Ferreira, 2012):

- Las lechadas asfálticas que cumplen una función similar que los sellos con emulsión y además detienen el desgaste superficial y mejoran la fricción entre el pavimento y los neumáticos.
- Los sellos con emulsión asfáltica que se utilizan para rejuvenecer superficies que presentan un cierto grado de envejecimiento (oxidación), para sellar fisuras y grietas pequeñas y cuando se detecta una insuficiencia de asfalto en la dosificación de la mezcla asfáltica utilizada en la construcción.
- Los sellos tipo arena-asfalto y tratamiento superficial simple que, al igual que los sellos anteriores, rejuvenecen, sellan la superficie, detienen el desgaste superficial y 45 mejoran la fricción entre pavimento y neumático.

El tamaño del agregado a utilizar se define técnicamente, según el objetivo para él o los cuales se coloca. Los sellos con emulsión asfáltica que se utilizan para rejuvenecer superficies que presentan un cierto grado de envejecimiento (oxidación), para sellar fisuras y cuando se detecta una insuficiencia de asfalto en la dosificación de la mezcla asfáltica. Las lechadas asfálticas que cumplen una función similar que los sellos con emulsión y además mejoran la fricción entre el pavimento y los neumáticos, y detienen el desgaste superficial. Los sellos tipo arena-asfalto y tratamiento superficial simple, al igual que los sellos anteriores, rejuvenecen, sellan la superficie, y también mejoran la fricción entre pavimento y neumático deteniendo además el desgaste superficial. (Ferreira, 2012).

El tamaño del agregado a utilizar se define técnicamente, según el objetivo para él o los cuales se coloca. Esta actividad se realiza desde el desplazamiento del equipo especial con el que se va a realizar el tendido del Slurry Seal o lechada asfáltica este equipo es un Macropaver como se ve en la figura siguiente. Este equipo requiere de equipos adicionales que realicen el abastecimiento de los componentes de esta lechada asfáltica como son el agregado, el agua, emulsión y cemento (Ferreira, 2012).



Figura 17. **Micropaver**



Figura 18. **Aplicación de Lechada**



Figura 19. **Acabado de Lechada asfáltica**



3.3 Plan de Mantenimiento

El proveedor del servicio, presentara un plan de trabajo anexando el respectivo cronograma de intervención desagregado por actividad, teniendo en consideración que no interfiera el servicio en días y horas de atención de cada actividad.

También de acuerdo a los planos y documentos del servicio, programara su trabajo en forma tal que su avance sea sistemático y pueda lograrse su determinación en forma ordenada y armónica y en el tiempo previsto. El postor ganador tendrá 2 días hábiles a partir de la suscripción de su contrato para la presentación de su plan de trabajo, los tiempos tendrán que ser aprobados por el Administrador de contrato y/o inspector. Adicionalmente a lo indicado en el párrafo precedente el plan de trabajo contendrá lo siguiente:

- Metas y objetivos a alcanzar.
- Líneas de acción para alcanzar las metas y objetivos.
- Recursos necesarios.
- Datos personales de los responsables de la actividad (equipo técnico).
- Cronograma de actividades.
- Registro de advertencias.
- El proveedor deberá utilizar todas las medidas de precaución para el manejo adecuado de aquellos materiales contaminantes que pudiesen afectar el área de trabajo con derrames o productos que afecten a la asepsia del ambiente, con la finalidad de no causar un impacto ambiental negativo.
- El proveedor deberá mantener las instalaciones del centro trabajo en buen estado y se obliga a realizar limpieza y disposición de residuos como producto del servicio realizado cumpliendo las normas ambientales.
- El proveedor deberá evitar contaminar el área de trabajo con material obtenido de reparaciones o resanes o eliminación de desmonte o similares, su transporte y almacenamiento debe estar acorde a la preservación ambiental, asimismo deberá dar el manejo apropiado de los residuos no contaminantes al relleno sanitario correspondiente, el cual debe estar certificado.



Recursos a ser provistos por el proveedor.

El proveedor está obligado a tener en obra la herramientas y equipos para la ejecución del servicio y que hubieran sido declarados tenerlos disponibles y estar en condiciones de ser usada en cualquier momento, así mismo deberá cumplir con dar al personal a su cargo la indumentaria y equipos de protección personal (EPP) de seguridad de acuerdo al tipo de actividad.

Recursos y Facilidades a ser Provistas por la Universidad.

- Facilitar el acceso las áreas a intervenir.
- Desocupar los ambientes durante el periodo de ejecución del servicio, hasta la conformidad.
- Facilitar y coordinar el acceso con el personal de seguridad de dicha Universidad.
- Facilitar planos con la localización de las áreas a intervenir u otros documentos que ameriten para la ejecución del servicio

Reglamento Técnico, Normas Metrológicas.

De ser el caso los equipos de medición a emplear deberán contar con certificación de calidad, el personal profesional y técnico deberá cumplir con las normas del ministerio de trabajo para ejecutar los trabajos de mantenimiento y deberá cumplir con los procesos y protocolos técnicos y de seguridad para estos fines. Deberá realizar el servicio de mantenimiento cumpliendo con la normativa vigente Reglamento Nacional de Edificaciones, normas de seguridad, normas sobre mitigación de riesgos ante desastres, reglamento para la protección ambiental, entre otras que se mencionan a continuación, según sea el caso:

- Reglamento nacional de edificaciones.
- Norma A-130 Requisitos de seguridad.
- Decreto supremo N° 005-2012-TR, Reglamento de la ley N° 29783, ley de seguridad y salud en el trabajo.
- Resolución ministerial N° 148-2012-TR.
- D.S. N° 004-2011-TR, Modifica el reglamento de la ley de inspecciones en materia de fiscalización de seguridad y salud ocupacional.



- Ley N° 29783 – Ley de seguridad y salud en el trabajo.
- Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor Para Calles y Carreteras.
- Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.
- Otras normas complementarias.

3.4 Presupuesto de Mantenimiento.

Para mayor detalle del servicio a prestar se han elaborado los metrados y presupuestos correspondientes. En el Anexo se muestra los planos de las zonas de trabajo también.

Los presupuestos se han elaborado por la técnica de Estimación ascendente o análisis de precios Unitarios.

Tabla 09 Presupuesto Mantenimiento

PROYECTO		MANTENIMIENTO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE VIAS INTERNAS DE LA CIUDAD				
CLIENTE		UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO				
LUGAR		TRUJILLO		FECHA	18/10/2018	
PROPUESTA						
Item	Descripción	Und.	Cant.	Precio S/.	Tiempo	Parcial S/.
01.00	ACTIVIDADES DEL SERVICIO					S/294,702.25
01.01	Movilización y Desmovilización de Equipos	Glob	1.00	6,000.00		S/6,000.00
01.02	Replanteo, Limpieza y emplantillado	m2	16,835.38	0.50		S/8,417.69
01.03	Bacheo con Asfalto de 2"	m2	340.00	90.00		S/30,600.00
01.04	Capa Nivelante de 1.5cm	m2	1,980.00	17.00		S/33,660.00
01.05	Slurry Seal de 1.0cm	m2	16,835.38	12.00		S/202,024.56
01.06	Pintado de señalización horizontal	m2	800.00	17.50		S/14,000.00
	Costo Directo					S/294,702.25
	Gastos generales			10.00%		S/29,470.23
	Utilidad			5.00%		S/14,735.11
	Gastos Financieros			0%		S/0.00
	SUBTOTAL					S/338,907.59
	IGV			18%		S/61,003.37
	TOTAL					S/399,910.96
SON:		TRESCIENTOS NOVENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS DIEZ Y 96/100 Soles				



CAPITULO 4 . CONCLUSIONES

- 4.1. Se analizó y finalizó que las Vías internas UNT de pavimento asfáltico en el año 2019, según la evaluación del método de índice de condición de pavimento (PCI) tiene un valor de $PCI = 51$ que de acuerdo con las escalas que nos brinda el PCI para su evaluación podemos indicar que el pavimento se encuentra en un estado bueno en la actualidad.
- 4.2. Se identificó que las fallas más comunes en el pavimento estudiado son agrietamiento en bloque, grietas de borde, grietas longitudinales y transversales.
- 4.3. Se determinó, que los trabajos a realizar para el mantenimiento son bacheo, sellado de fisuras, y luego un micropavimento en 16,835 m² y un recapeo con asfalto en frío en 1980 m².
- 4.4. EL costo estimado de los trabajos de mantenimiento es 399,910.0 soles.



CAPITULO 5. RECOMENDACIONES.

- 5.1. Se recomienda a la UNT que realice periódicamente los estudios de pavimentos asfálticos para identificar de forma oportuna las fallas existentes en los pavimentos y así poder mejorar el servicio e estos, brindándoles un mantenimiento adecuado y oportuno.
- 5.2. Para realizar los futuros estudios en esta vía como en cualesquier otra dentro de la UNT se recomienda los futuros tesisas, empresas, gobierno regional, local que los realice en los meses de mayo, junio y julio, porque en estas fechas el ambiente es más cálido y no existe mucha presencia de calor ni lluvias. Por lo que permitirá identificar con mayor facilidad la presencia de los tipos de fallas.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures*.
- Arriaga, Garnica, & Rico. (1998). *Indice internacional de rugosidad en la red carretera de Mexico*. Instituto mexicano del transporte.
- Asfalt Institute & Asociación de Fabricante, de Emulsiones Asfálticas (Asphalt Emulsion Manufacturer Association AEMA). (2001). *Manual Básico de Emulsiones Asfálticas*. Asphalt Institute.
- Canto Maya, D., & Sanchez Aguilar, N. (2014). *GLOBALIZACIÓN EN LOS MEDIOS DE TRANSPORTE*. Bogota: Globalizacion y Turismo.
- Cantuarias, L., & Watanabe, J. (2017). *Aplicación del método pci para la evaluación superficial de pavimento flexible de la avenida camino real de la urbanización la rinconada del distrito de Trujillo*. universidad privada antenor orrego, Escuela profesional de ingeniería civil, Trujillo.
- Carvalho Corral, P. A. (2016). Tesis de Maestria Máster Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo. *Implantación de un sistema de conservación de carreteras en Ecuador, Aplicación a la Carretera Cuenca (El Salado) - Léntag*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Choque, J. (2019). *Estudio comparativo del metodo PCI y el manual de conservacion vial MTC en la evaluacion superficial de pavimento flexible, tramo EMP.PE-3S*. Universidad Nacional del Altiplano, PUNO.
- Conza, D. (2016). *Evaluacion de las fallas de la carpeta asfaltica mediante el metodo del PCI en la Av. circunvalacion oeste de Juliaca*. Universidad Peruana Union, Juliaca.
- Crespo del rio. (1999). *Jornadas sobre la calidad en el proyecto y la construcción de carreteras*. Barcelona.
- Cruzado, J. (2019). Trabajo de Investigación para optar el Grado de Bachilller. *BASES TEORICAS PARA MEJORAMIENTO DE VIAS INTERNAS PARA LOCAL EDUCATIVO, REGIÓN LA LIBERTAD, 2018*. Trujillo, Perú: Universidad Privada de Trujillo UPRIT.
- DIPRES - Direccion de Presupuestos del Gobierno de Chile. (2004). *Informe Final de Evaluacion del Programa de Conservacion Vial*. Santiago: DIPRES.



- Ferreira, J. (Febrero de 2012). Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial. *Actividades de Mantenimiento Rutinario y Periódico de una Carretera en el Perú*. Lima, Perú: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.
- Garrido, R. (2017). *Evaluación estructural Falling Weight Deflectometer (FWD)*. Colombia. Recuperado el 2019
- Giordani, C., & Leone, D. (s.f.).
- Gutierrez, W. (1994). *Índice de Condición del Pavimento. Método de Pavimentos Asfálticos*. conferencia.
- Hilquin, M., & Valcarcel, M. (2016). tesis de pregrado. *Evaluación del Estado de Conservación del Pavimento, Utilizando el Método PCI, en la Av. Jorge Chávez del Distrito de Pocollay en el Año 2016*. Tacna, Perú: Universidad Privada de Tacna.
- Huang, Y. (2004). *Pavement analysis and design. (2da ed.)*. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall.
- Instituto Mexicano del Asfalto. (2001). *Emulsiones Asfálticas*.
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (1990). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- Jugo, a. (2005). *Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles*. caracas.
- (2013). *Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos*.
- Medina, A., & De la cruz, M. (2015).
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2013). *Manual de Carreteras de Conservación Vial*. Lima, Peru.
- Mogollon, W. (2010). Ponencia en Congreso. *Pavimentos Económicos sobre vías afirmadas*. Costa Rica: Congreso de Ingeniería Civil CIC.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogota: Universidad Católica de Colombia.
- PISA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA S.A. (2016). *APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTO SLURRY SEAL DOBLE CALZADA BUGA-TULUÁ-LA PAILA-LA VICTORIA*. Cali.
- Rengifo Kimiko. (2014). Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil. *Diseño de los Pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (KM 188 a 189)*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Rico, A., & Del castillo, H. (2011). *La ingeniería de los suelos en vías terrestres*. México.



Rodriguez, L. (2019). Tesis de pregrado. "ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA VÍA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA AVENIDA VIRÚ, PROVINCIA VIRÚ, REGIÓN LA LIBERTAD, 2018.". Trujillo, Perú: Universidad Privada de Trujillo.

Rondòn, H., & Reyes, F. (2007). *Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones*. Bogota. Recuperado el 14 de 10 de 2018, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91117204>

Sánchez, F. (2016). Mantenimiento rutinario de vías pavimentadas, módulo 17.

Valdivia, S. (2017). "Evaluación de las fallas del pavimento flexible en la Avenida Brasil del Distrito de Nuevo Chimbote - Propuesta de solución - Ancash 2017. Tesis de pregrado, FACULTAD DE INGENIERÍA, Chimbote.

Vera, J. C. (2015). Tesis de Pregrado. *Mejoramiento con emulsiones asfálticas de base granular, para pavimentos en la región Lambayeque*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Predro Ruiz Gallo.

Yesquén Granda, I. A. (2016). Tesis de pregrado. *Gestion y conservacion de pavimentos flexibles a traves del indice de desempeño pci en el entorno del distrito de surquillo lima*. Piura, Peru: Universidad Nacional de Piura.



**UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO**

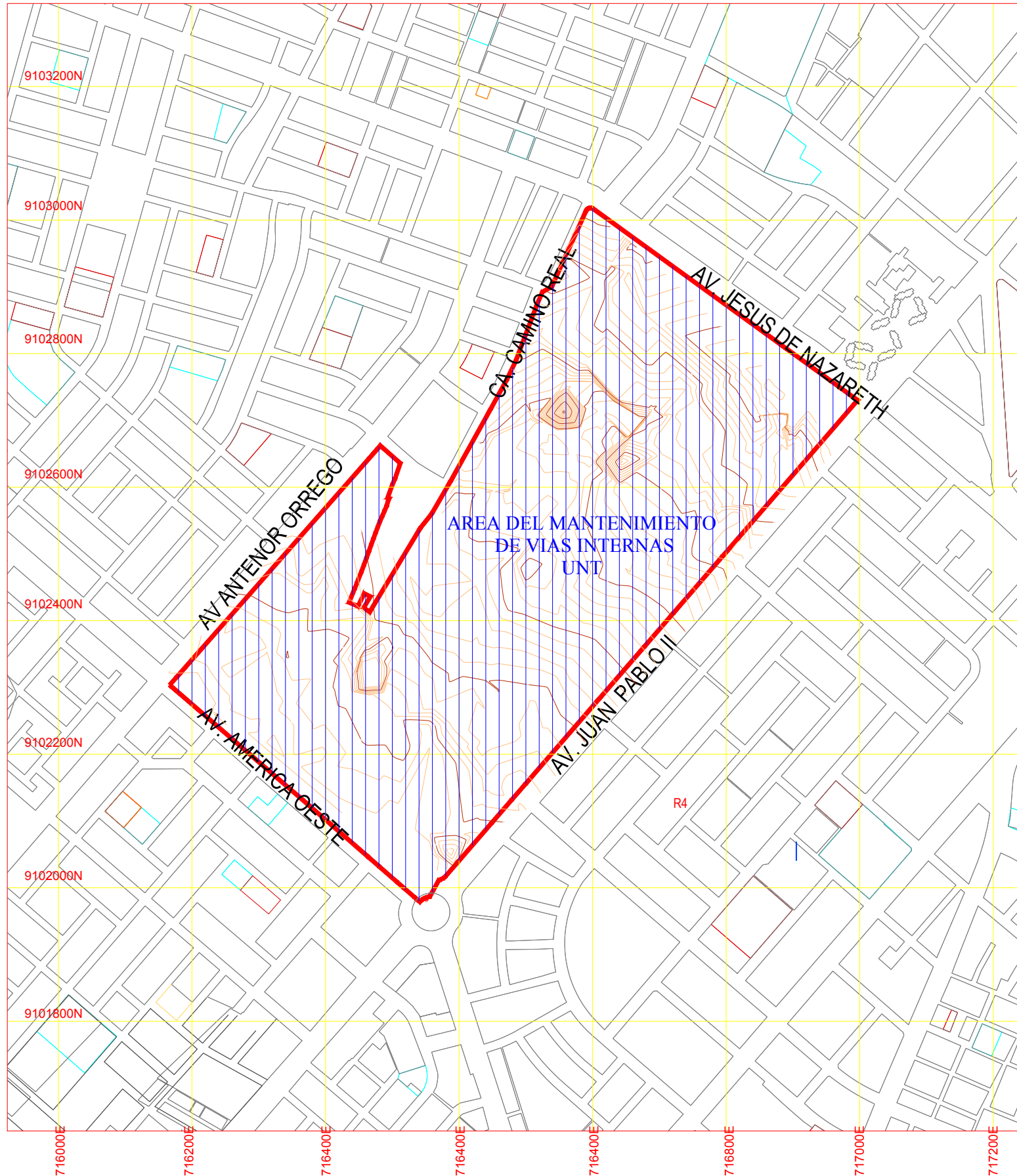
**TESIS: “DISEÑO DEL MANTENIMIENTO DE VÍAS LOCALES INTERNAS PARA
LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO,
REGIÓN LA LIBERTAD, 2018.”**

BACH. Cruzado Jerónimo, Julio Gonzalo

ANEXOS

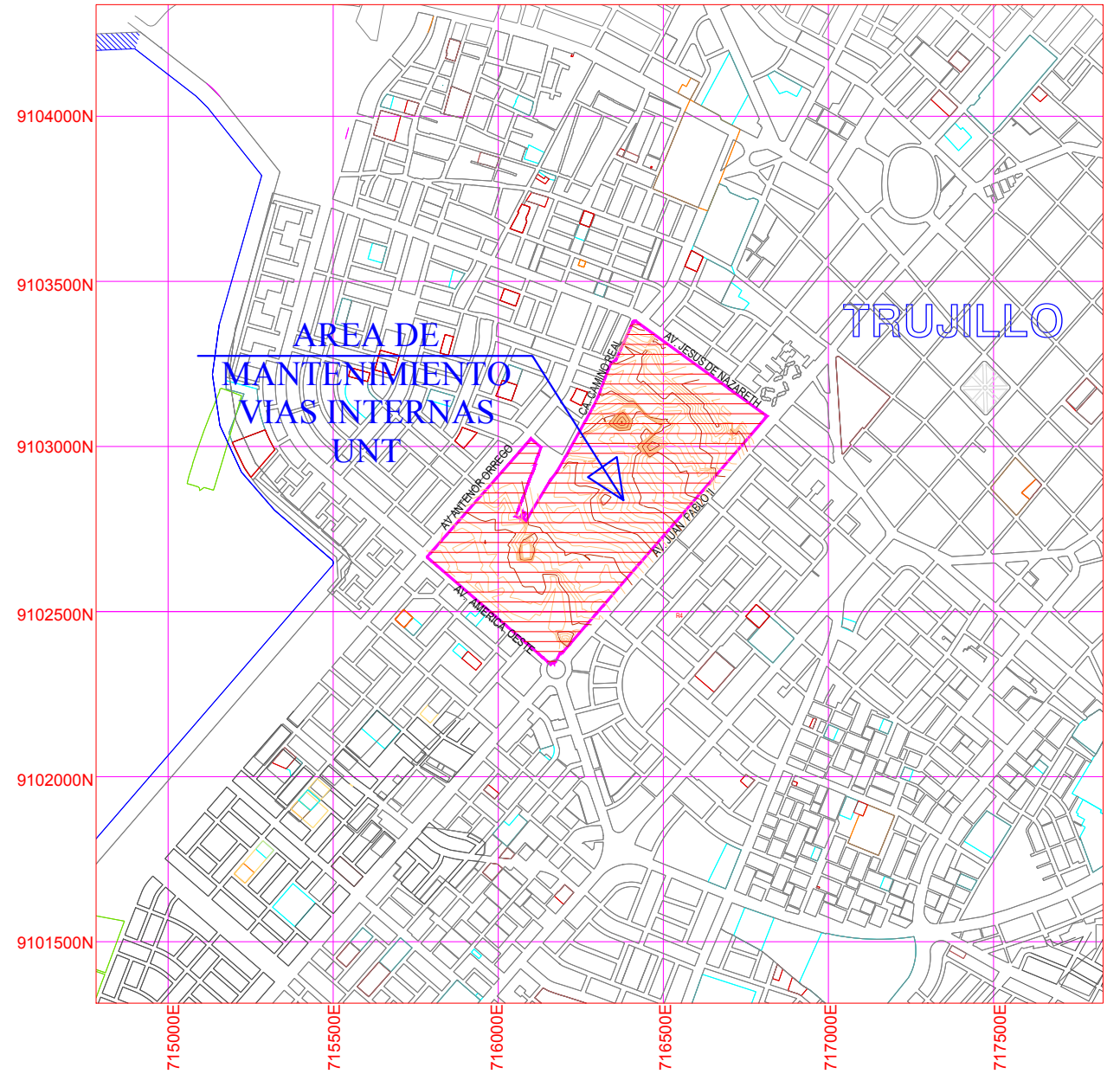
PLANO DE UBICACIÓN

ESC. 1/7500



PLANO DE LOCALIZACION

ESC. 1/20000




UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

Ingeniería Civil
 FORMACIÓN PARA TODA LA VIDA

TESIS:
“DISEÑO DEL MANTENIMIENTO DE LAS VIAS INTERNAS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO”
 REGION: LA LIBERTAD 2,019

NOMBRE DEL PLANO:
PLANO DE UBICACION - VIAS INTERNAS

UBICACIÓN: Región : La Libertad Provincia : Trujillo Distrito : Trujillo	ELABORADO: Bachiller : JULIO GONZALO CRUZADO JERONIMO	LAMINA Nº: VI-01
	ASESOR: Mg. ENRIQUE DURAND BAZAN	
	ESCALA: INDICADA FECHA: Agosto - 2019	

PLANO DE LOCALIZACION

ESC : 1/10000



LOCALIZACION - UBICACION

DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD
 PROVINCIA : TRUJILLO
 DISTRITO : TRUJILLO
 URBANIZACION : SAN ANDRES
 DIRECCION : AV. JUAN PABLO II S/N



UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO



TESIS:

“DISEÑO DEL MANTENIMIENTO DE LAS VIAS INTERNAS DE LA CIUDAD
 UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO”
 REGION: LA LIBERTAD 2,019

NOMBRE DEL PLANO:

PLANO DE LOCALIZACION - VIAS INTERNAS

UBICACIÓN:

Región : La Libertad
 Provincia : Trujillo
 Distrito : Trujillo

ELABORADO:

Bachiller : JULIO GONZALO CRUZADO JERONIMO

ASESOR:

Mg. ENRIQUE DURAND BAZAN

ESCALA:

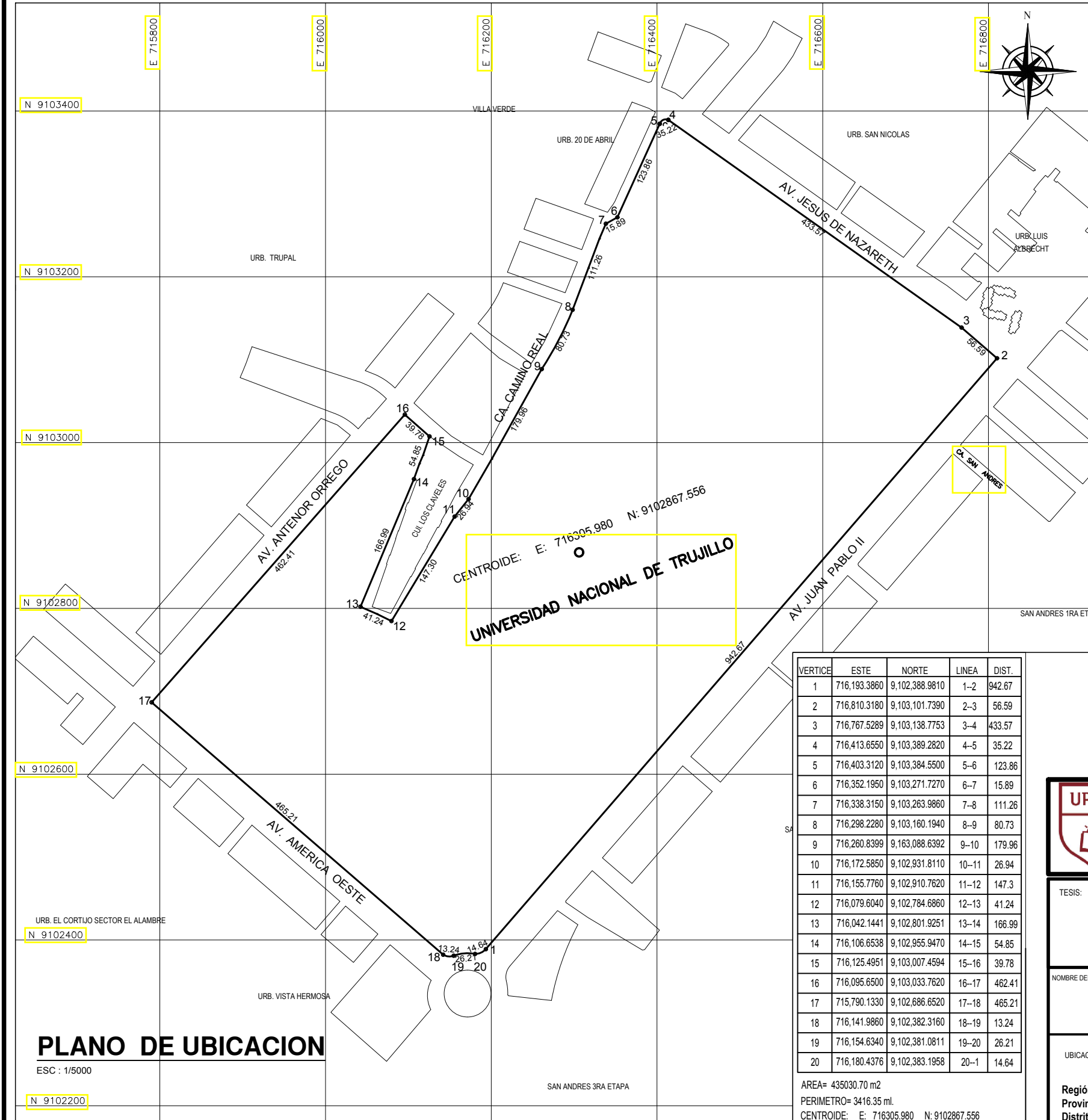
INDICADA

FECHA:

Agosto - 2019

LAMINA N°:

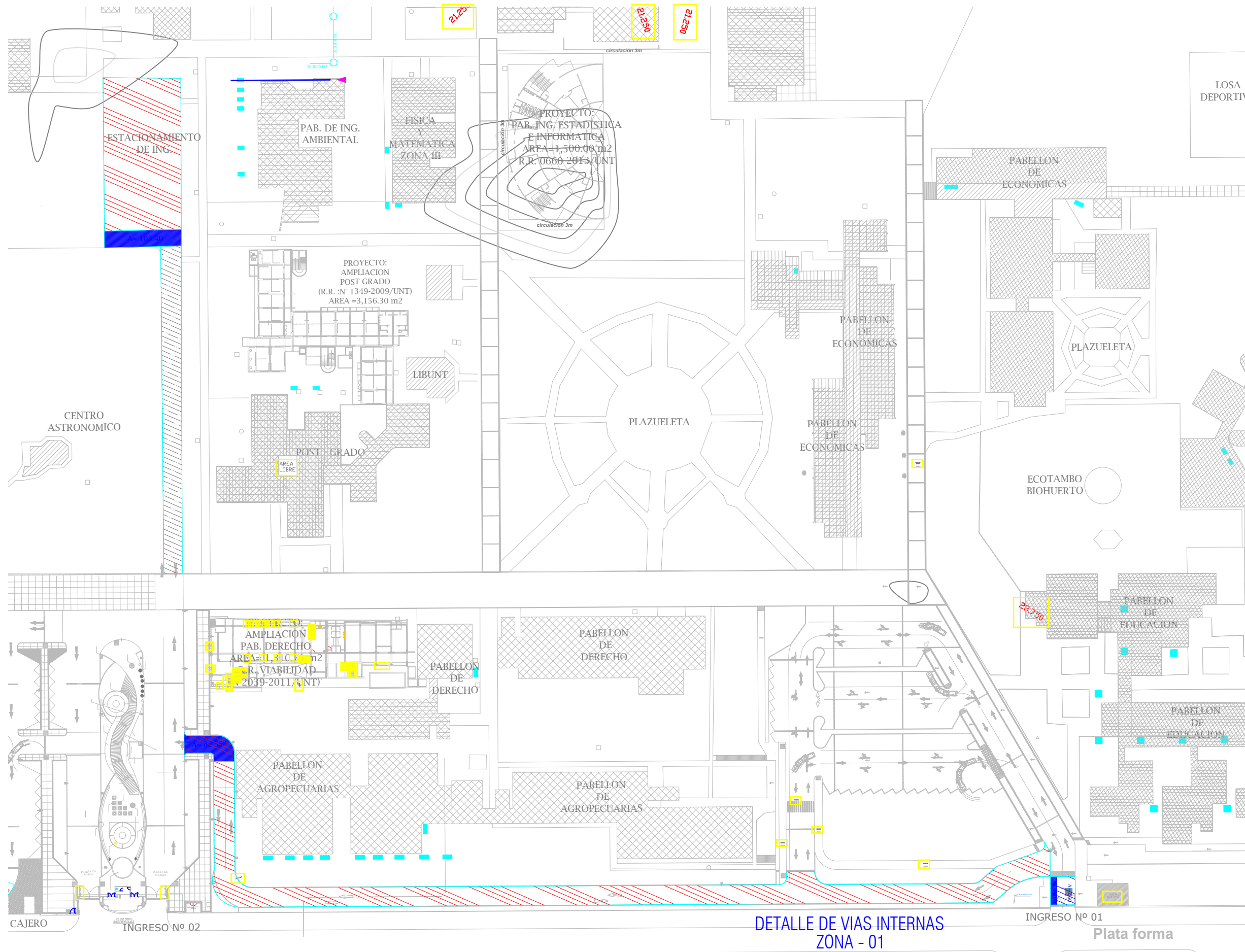
VI-02



PLANO DE UBICACION

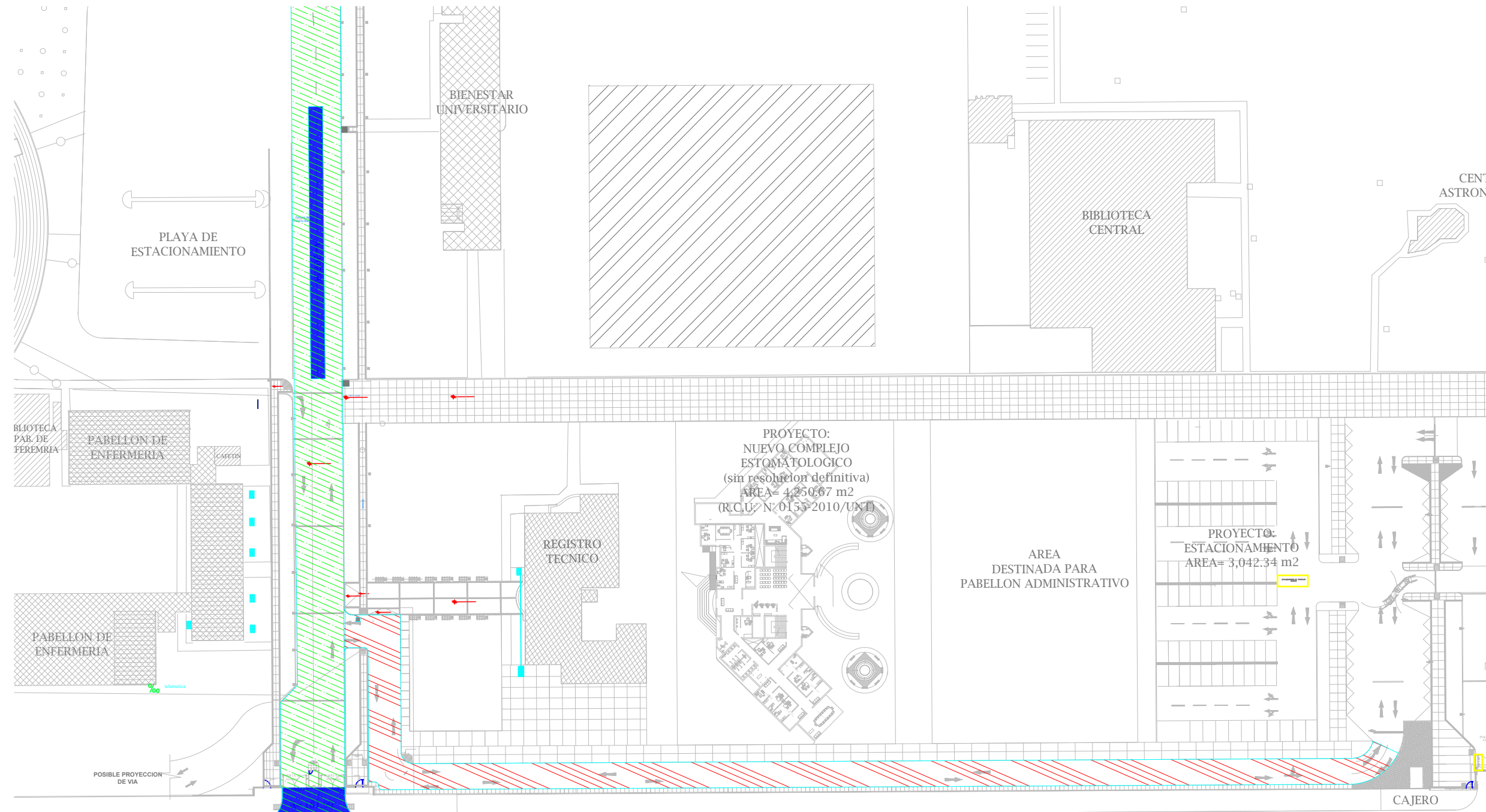
ESC : 1/5000

N 9102200



**DETALLE DE VIAS INTERNAS
ZONA - 01**

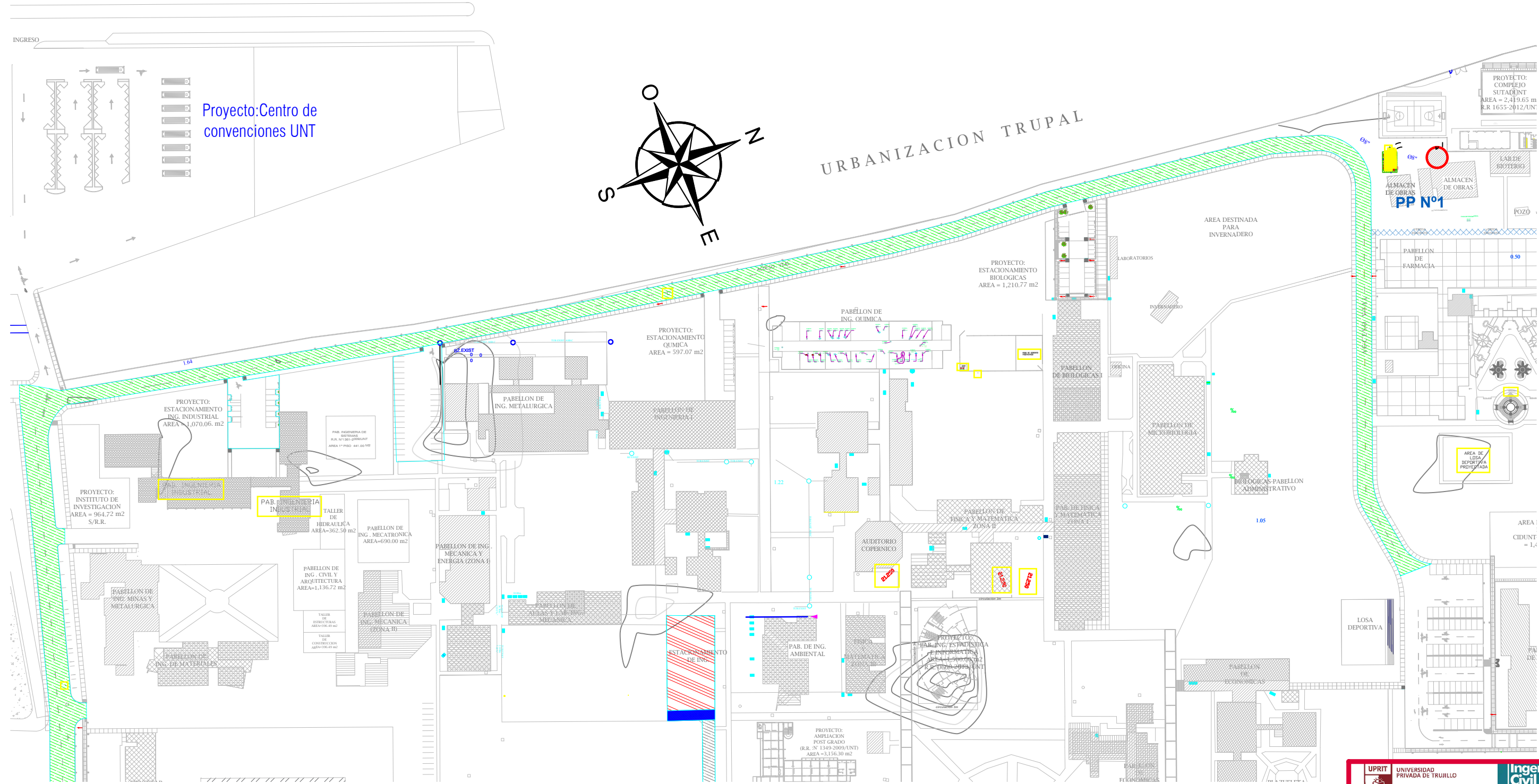
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		Ingeniería Civil FORMACION PARA TODA LA VIDA
TESIS: "DISEÑO DEL MANTENIMIENTO DE LAS VIAS INTERNAS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO" REGIÓN: LA LIBERTAD 2.019		
NOMBRE DEL PLANO:		ZONA 01 - VIAS INTERNAS
UBICACION: Región : La Libertad Provincia : Trujillo Distrito : Trujillo	ELABORADO: Bachiller: JULIO GONZALO CRUZADO JERONIMO REVISOR: Mg ENRIQUE DURANO BAZAN ESCALA: INDICADA FECHA: AGOSTO-2019	LAMINA Nº: VI-04



DETALLE DE VIAS INTERNAS
ZONA - 02

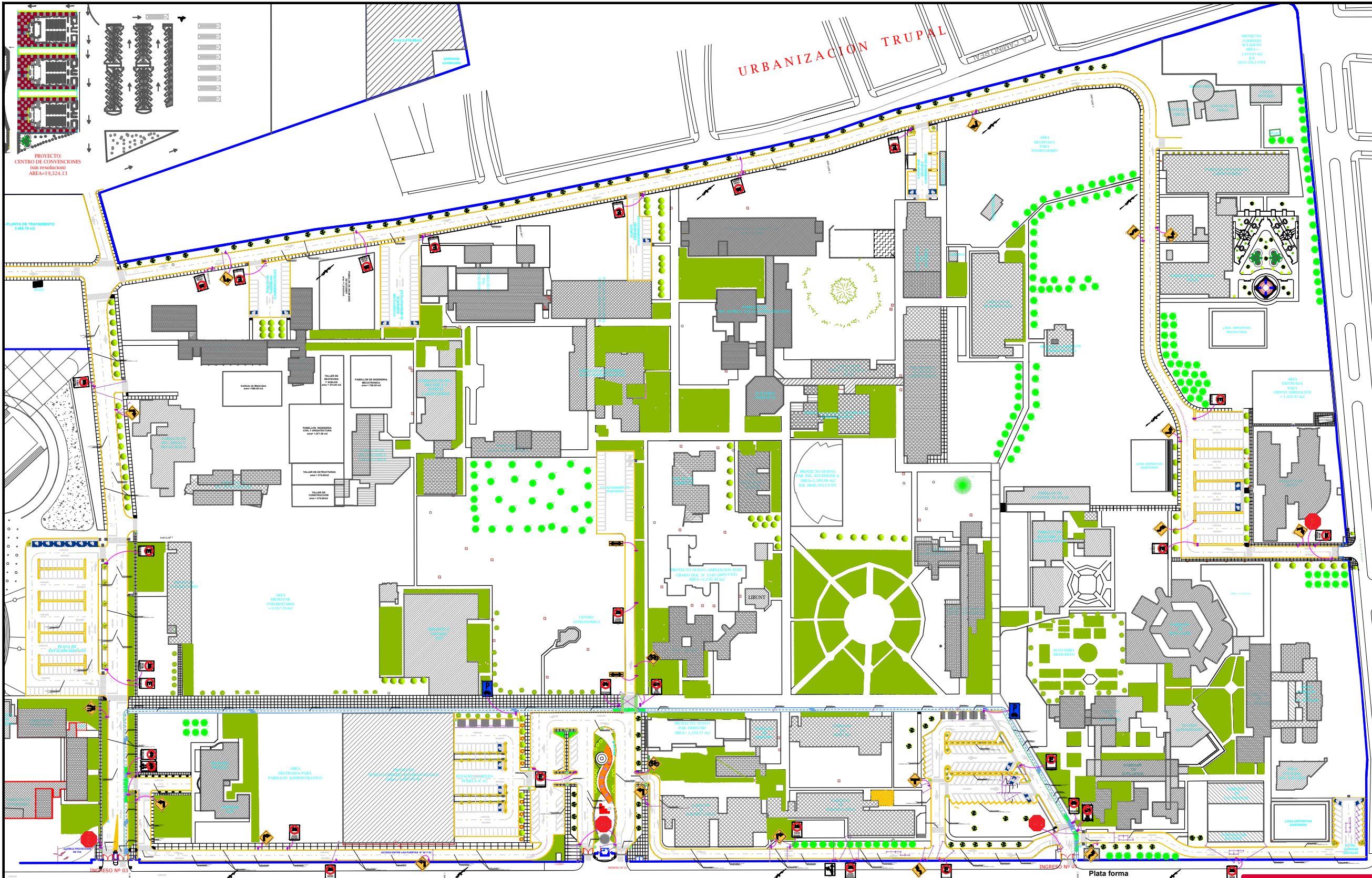
AVENIDA JUAN PABLO II

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		Ingeniería Civil <small>FORMACIÓN PARA TODA LA VIDA</small>
TESIS: "DISEÑO DEL MANTENIMIENTO DE LAS VIAS INTERNAS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO" REGIÓN: LA LIBERTAD 2,019		
NOMBRE DEL PLANO: ZONA 02 - VIAS INTERNAS		
UBICACION: Región : La Libertad Provincia : Trujillo Distrito : Trujillo	ELABORADO: Bachiller: JULIO GONZALO CRUZADO JERONIMO ASESOR: Mg ENRIQUE DURANO BAZAN	LAMINA N°: VI-05 <small>FECHA: AGOSTO - 2019</small>



DETALLE DE VIAS INTERNAS ZONA - 03

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		Ingeniería Civil FORMACIÓN PARA TODA LA VIDA
TESIS: "DISEÑO DEL MANTENIMIENTO DE LAS VIAS INTERNAS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO" REGION: LA LIBERTAD 2019		
NOMBRE DEL PLANO: ZONA 03 - VIAS INTERNAS		
UBICACION: Región : La Libertad Provincia : Trujillo Distrito : Trujillo	ELABORADO: Bachiller: JULIO DONZALO CRUZADO JERONIMO ASESOR: Mg. INESITA SUAREZ SALDAÑA	LAMINA N°: VI-06 FECHA: INDICADA MES: AGOSTO, 2019



URBANIZACION TRUPAL

PROYECTO: CENTRO DE CONVENCIONES (sin resolución) AREA=10,241.13

PLANTA DE TRATAMIENTO S.A. 10.75.102

AREA DE SERVICIOS UNIVERSITARIOS AREA= 6,702.30 m2

PROYECTO NUEVO PARA SERVICIOS AREA= 1,340.77 m2

- LEYENDA**
- 1- SEÑALES DE REGlamentACION
 - R-1 SEÑAL DE PASO
 - R-20 PROHIBIDO EL PASO DE MOTOCICLETAS
 - R-26 SEÑAL ESTACIONAMIENTO PERMITIDO
 - R-30 SEÑAL VELOCIDAD MAXIMA
 - R-42 CICLOVIA
 - 2- SEÑALES PREVENTIVAS
 - P-14 SEÑAL CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA
 - P-15 SEÑAL CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA
 - P-16 SEÑAL DE CURVA Y CONTRA CURVA A LA DERECHA
 - P-17 SEÑAL DE CURVA Y CONTRA CURVA A LA IZQUIERDA
 - P-7 SEÑAL BIFURCACION EN "T"
 - P-19 REDUCCION DE LA CALZADA
 - P-27 SEÑAL DOBLE FLECHA DIRECCIONAL
 - P-48 CICLOVIA

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO Ingeniería Civil FORMACION PARA TODA LA VIDA	
TESIS: "DISEÑO DEL MANTENIMIENTO DE VIAS INTERNAS DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO" REGION: LA LIBERTAD 2019	
NOMBRE DEL PLANO: PLANTA GENERAL - VIAS INTERNAS	
UBICACION: Región: La Libertad Provincia: Trujillo Distrito: Trujillo	ELABORADO: Ingeiero: JULIO GONZALO CRUZADO JERONIMO FECHA: Mes: DICIEMBRE AÑO: 2019
CV-01	