



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño Estructural del Pavimento Rígido Implementando Vidrio
Reciclado en la Avenida San Francisco – San Juan de Lurigancho
2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

Alcas Riofrio, Mary Cruz (ORCID: 0000-0002-0020-3487)

Maldonado Huarcaya, John Joseph (ORCID: 0000-0003-4937-9958)

ASESOR:

Mg. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo (ORCID: 0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios, por ser guía y apoyo en los momentos más difíciles que nos tocó pasar, asimismo a nuestros padres, que nos apoyaron en todo este trayecto, con sus consejos y respaldo en las situaciones más complejas que hemos vivido a través de la coyuntura actual.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos con mucha estima a los ingenieros que nos apoyaron con este trabajo, tanto el ingeniero Robert Sigüenza como al ingeniero Luis Segura. Además de agradecer a nuestros padres que fueron complemento de todo este trabajo con su sacrificio y su apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCIÓN	1
ii. MARCO TEÓRICO	5
iii. METODOLOGÍA	19
3.1 Tipo y Diseño de Investigación	20
3.2 Variables y Operacionalización.....	21
3.3 Población, Muestra y Muestreo	22
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5 Procedimientos.....	25
3.6 Método de Análisis de Datos	27
3.7 Aspectos Éticos	28
iv. RESULTADOS	29
v. DISCUSIONES	44
vi. CONCLUSIONES	46
vii. RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS	48
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Esal.....	10
Tabla 2: Índice de Condición del Pavimento	78
Tabla 3: Ensayos a la compresión	23
Tabla 4: Análisis granulométrico por tamizado	30
Tabla 5: Ensayo de Compactación Proctor Modificado	32
Tabla 6: Soporte de Relación California CBR.....	33
Tabla 7: Densidad de campo por método de cono de arena de 6".....	34
Tabla 8: Porcentaje de Humedad Corregida	34
Tabla 9: Conteo Vehicular.....	78
Tabla 10: Factores de distribución direccional y de carril	79
Tabla 11: Cálculo de factor de ejes equivalentes	79
Tabla 12: Cálculo de factor de ejes equivalentes	80
Tabla 13: Categoría según volumen de tránsito.....	81
Tabla 14: Desviación Estándar (S0).....	81
Tabla 15: Factor de Confiabilidad (R).....	81
Tabla 16: Índice de serviciabilidad inicial (P0)	82
Tabla 17: Índice de serviciabilidad final (Pt)	82
Tabla 18: Modulo de Transferencia de Carga (J)	83
Tabla 19: Coeficiente de Drenaje (Cd)	83
Tabla 20: Análisis granulométrico de agregado fino	84
Tabla 21: Análisis granulométrico de agregado grueso	85
Tabla 22: Peso unitario del agregado grueso	86
Tabla 23: Peso unitario del agregado fino	87

Tabla 24: Gravedad específica de los sólidos del material grueso	88
Tabla 25: Gravedad específica de los sólidos del material fino	88
Tabla 26: Diseño de mezcla patrón.....	90
Tabla 27: Diseño de mezcla del 5% del vidrio reciclado	93
Tabla 28: Diseño de mezcla del 10% del vidrio reciclado.....	96
Tabla 29: Diseño a compresión de concreto (patrón).....	99
Tabla 30: Diseño a compresión de concreto del 5% del vidrio reciclado	100
Tabla 31: Diseño a compresión de concreto del 10% del vidrio reciclado ...	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Clasificación por eje.....	9
Figura 2: Estructura del pavimento rígido	12
Figura 3: Hoja de Inspección de condiciones para unidad de muestra	13
Figura 4: Características del suelo arenoso	14
Figura 5: Características del suelo limo	14
Figura 6: Características del suelo arcilloso.....	14
Figura 7: Suelo Grava	15
Figura 8: Suelo Orgánico.....	15
Figura 9: Suelo Turba.....	15
Figura 10: Uso del vidrio desechado	17
Figura 11: Av. San Francisco.....	22
Figura 12: Esfuerzo promedio requerido a compresión cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar	27
Figura 13: Curva Granulométrica	32
Figura 14: Curva Granulométrica del agregado fino	84
Figura 15: Curva Granulométrica del agregado grueso	85

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal analizar la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con adición de vidrio reciclado molido, mediante el reemplazo parcial en peso del agregado fino con la finalidad de establecer una comparación entre un concreto convencional y otro con adición de vidrio reciclado molido. Se inició con el análisis de las propiedades físicas y químicas de los agregados pétreos y la elaboración de probetas de concreto y con adición de vidrio reciclado molido en el orden de 5% y 10%, de reemplazo en peso del agregado fino, con la finalidad de obtener los dos porcentajes de adición más adecuados, según la cantidad de vidrio utilizado y la semejanza de la resistencia a la compresión obtenida con el concreto convencional. Seguidamente, se procedió a la rotura de las probetas de concreto mencionadas, obteniendo 5% y 10% como los porcentajes de adición de vidrio más adecuados. Posteriormente, se elaboró probetas de concreto convencional y modificado con 5% y 10% de vidrio reciclado molido, y se efectuó las pruebas de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado. Al finalizar los ensayos de resistencia a la compresión, se concluyó que usando el 10% de adición de vidrio reciclado molido como reemplazo en peso del agregado fino se obtiene mayor resistencia a la compresión en comparación con el concreto convencional y los demás porcentajes de adición estudiados.

Palabras Clave: Vidrio Reciclado, Agregado Fino, Método AASTHO, Diseño de mezcla, Pavimento rígido.

ABSTRACT

The main objective of this research was to analyze the compressive strength of concrete $F'c = 210 \text{ Kg / cm}^2$ with the addition of ground recycled glass, through the partial replacement by weight of fine aggregate in order to establish a comparison between a conventional concrete and another with the addition of ground recycled glass. It began with the analysis of the physical and chemical properties of the stone aggregates and the elaboration of concrete specimens and with the addition of ground recycled glass in the order of 5% and 10%, replacement by weight of the fine aggregate, with the purpose to obtain the two most suitable addition percentages, depending on the amount of glass used and the similarity of the compressive strength obtained with conventional concrete. Next, the mentioned concrete specimens were broken, obtaining 5% and 10% as the most suitable glass addition percentages. Subsequently, specimens of conventional and modified concrete were made with 5% and 10% of ground recycled glass, and the compressive strength tests were carried out at 7, 14 and 28 days of curing. At the end of the compressive strength tests, it was concluded that using the 10% addition of ground recycled glass as replacement by weight of the fine aggregate, greater compressive strength is obtained compared to conventional concrete and the other addition percentages studied.

Keywords: Recycled Glass, Fine Aggregate, AASTHO Method, Mix Design, Rigid Pavement.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la infraestructura vial en Perú es una de las más decadentes en el ámbito social, debido a su mala gestión y mal comportamiento en los parámetros indicados por las normas a seguir con el fin de mantener el estatus óptimo de una obra. Debido a ello, existen múltiples factores que pueden que estas no se construyan de la mejor manera afectando no solo a los pobladores de la zona sino también a los vehículos que transitan por dicha avenida. Dando como resultado dificultades técnicas con respecto al transporte público o privado, como también el riesgo de accidentes o tragedias ocurridas en el ámbito que se extiende.

Dado ello, el país presenta un crecimiento masivo en el transporte público, debido al aumento de población y a la necesidad de llegar a más puntos accesibles para cualquier individuo. Dicho de esta manera, el transporte y el tránsito vehicular ha tomado gran parte del contexto social, otorgando a las personas un medio de comunicación y traslado más cómodo con respecto a diferentes zonas tanto en la capital como en provincias lejanas. Aunque, respecto a la infraestructura vial, hay obras o proyectos que son elaborados para el tránsito móvil, pero son dejados o mal maniobrados con respecto a su desempeño o mantenimiento posterior terminada el vía. Entre los más comunes se encuentran los pavimentos flexibles, que abarcan la mayor parte de la infraestructura vial del país, contando con tramos desplazados en zonas residenciales como comerciales. Aun así, tenemos el pavimento rígido que es una alternativa eficaz con respecto a las zonas que requieran más soporte de carga, o requieran menos costos en el mantenimiento, siendo la opción más acertada en estos factores.

Asimismo, el pavimento rígido cuenta con varios beneficios, según la Asociación de Productores de Cemento ASOCEM (2015) expone que el pavimento rígido tiene por ventajas el tiempo útil de diseño, que varía entre 20-30 años, además de tener un costo menor en los mantenimientos post-entrega de la obra, y contribuye a una mejor resistencia y seguridad en lo que respecta a su desempeño en el contexto.

Por otro lado, los vidrios reciclados son un factor excepcional en todo ámbito que se desee reutilizar, debido a los componentes sílicos que contiene y además de ser un material totalmente reciclable, sobresaliendo en ese aspecto por encima de otros. Asimismo, Huamán y Rojas (2009) exponen que el material no tiene límites

al ser reprocesado, debido a su versatilidad en el reciclaje, y además de ello, este no pierde sus propiedades primordiales y genera un ahorro de energía con respecto a un 30% en comparación de un vidrio nuevo.

El proyecto del diseño estructural del pavimento rígido con la implementación de vidrios reciclado en la Av. San Francisco, está utilizando el método AASTHO Y PCI dado que este se calculará el espesor del pavimento que se va usar para los diferentes tipos de vehículos que puedan circulan y la clasificación numérica de la condición del pavimento ya sean buenos o malo con el propósito de permitir la circulación de los vehículos y de los pobladores de manera más cómoda y segura a la hora de transitar por esta vía.

La formulación del problema es ¿De qué manera influye la implementación con vidrio reciclado en el diseño estructural del pavimento rígido en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021?

Se han observado problemas para un buen diseño vial en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho en la circulación vehicular de sus vías no pavimentadas, teniendo esta un afín de una vía de doble carril. Se aportará una nueva técnica implementando el vidrio reciclado para la mejora del estado del pavimento, resistencia, suelo de fundación y su vida útil del diseño, consiguiendo beneficios como estabilidad a la tracción, disminuyendo los agrietamientos, mejorar la resistencia de la infraestructura y a su vez proporcionar beneficios de costos y mitigar los problemas antes los factores ambientales.

El objetivo general es determinar de qué manera influye la implementación del vidrio reciclado en el diseño estructural del pavimento rígido en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- O1: Identificar de qué manera el pavimento rígido influye en la transitabilidad vehicular en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021.

- O2: Determinar de qué manera el diseño estructural del pavimento rígido mejora el tiempo de vida de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021.
- O3: Determinar de qué manera el diseño estructural del pavimento rígido mejora el suelo de fundación de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021.
- O4: Determinar de qué manera los vidrios reciclados mejoran la resistencia de la capa asfáltica de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021.

La hipótesis general es que la implementación con vidrio reciclado mejora el diseño estructural del pavimento rígido en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020. Las hipótesis específicas fueron las siguientes:

- H1: Identificar de qué manera el pavimento rígido influye en la transitabilidad vehicular en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021.
- H2: El diseño estructural del pavimento rígido mejora el tiempo de vida de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021.
- H3: El diseño estructural del pavimento rígido mejora significativamente el suelo de fundación en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021.
- H4: Los vidrios reciclados mejoran primordialmente la resistencia de la capa asfáltica en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Según, Cordo Oscar (2006) menciona en su libro sobre los estudios del diseño de pavimentos utilizando el método AASHTO-93 con el objetivo de conocer los procedimientos para poder hallar los espesores de los pavimentos rígidos como flexible ya que dicha información es muy importante ya que aporta procedimientos con tablas y gráficas para realizar el diseño de ambos pavimentos.

Concluyendo con un estudio que revela una disminución importante en el grosor de la capa superior a la subrasante, también de verificar que la inclusión de vidrio reciclado en la misma obra para que conlleva a un mejoramiento representativo. Dando como cierre recomendaciones y pautas para la mejora de los materiales empleados, como también un aporte a la normativa para el beneficio de su infraestructura vial.

En otro punto, Robles (2015) nos dice que el cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) es el cálculo referente al estado del pavimento, asimismo a su evaluación tanto de problemas como de patologías que este producto pueda tener en sus vías analizadas con este método

Concluyendo así la posición óptima del refuerzo ubicada en la base de la carpeta asfáltica, y resultando con un manejo de espesor menor a 1 cm. Brindando a la vez, un tiempo de obra servil prolongado de 1 a 2 años verificando el esfuerzo a utilizar.

Además de ello, Ruiz y Rodríguez (2016), llega a comparar el costo del uso del pavimento rígido y flexible por la cual propuso en comparar técnicas y económicamente todas las alternativas del proceso constructivo de los ambos pavimentos, esto concluyo que la mejor alternativa será el del pavimento rígido, con la finalidad de la comparación de los costos realizados que estos servirá como guía para elaborar nuestro presupuesto.

Según Cano y Cruz (2017), las mezclas de concreto adquiriendo la incorporación de vidrio molido, junto al tamizado y los ensayos granulométricos se da para un fin, el cual es aumentar la resistencia con respecto a la comprensión del concreto, concluyendo con la investigación con las pruebas llega a contener una proporción en peso del 5%, aumentando vidrio tamizado esto llega a contener una proporción

en peso del 3% y el vidrio granular como aditivo alcanza una proporción en peso del 5%, ambos con una mezcla ideal.

Además de ello, Almeida y Trujillo (2017), explica los fundamentos esenciales con respecto a la construcción de concreto utilizando vidrio triturado, concluyendo que la mezcla asfáltica más adecuada se obtuvo realizando ensayos con el material puzolánico al 36% evidenciando una resistencia de 21.10 Mpa a los 7 días de iniciar el curado. Debido a ellos, se priorizo su importancia con respecto al desencofro del producto a temprana edad, dando como beneficios un ahorro en tiempo, dinero e insumos comparado con una mezcla convencional.

Por otro punto, Carrera y Necesiosup (2016), con su estudio comparativo de ambos pavimentos para el mejoramiento del tránsito vial en las calles de Trujillo, propuso que al realizar el análisis comparativo de los pavimentos el más recomendable era el pavimento rígido ya que dicha zona su mantenimiento seria periódicamente rutinario. Al conocer cómo se llegaría aplicar los procedimientos y metodologías para dicha comparación de estos pavimentos en costos, procesos constructivos y su mantenimiento.

Concluyendo con un trabajo de un diseño estructural de acuerdo a la exigencia del tránsito vehicular y modelado con ensayos en laboratorio y supervisión de vehículos. Ofreciendo una base de datos actuales para la mejoría de la condición social de la población.

Según Calla (2015), el pavimento rígido se conforma por una carpeta bituminosa, que está por debajo de dos láminas no rígidas, a la cual se denominan base y sub-base. Esto quiere decir que, los elementos que forman al pavimento rígido son: la sub-rasante, la sub-base y la superficie de rodadura, en otras palabras, la losa de concreto.

Por otro lado, según Briceño y Tello (2019), detalla que el pavimento incorporé una lámina de concreto, debidamente de cemento Portland, sea común o reforzada. Esta misma se apoya en un recubrimiento de base conformado por grava y reposa sobre una lámina de suelo compactado, a lo que debidamente se denomina sub-rasante.

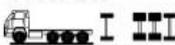
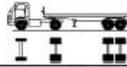
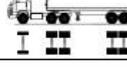
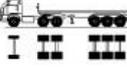
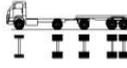
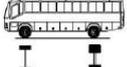
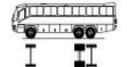
Según Harumi (2014), es importante la presencia de juntas en los pavimentos rígidos, a diferencia de los flexibles, ya que en el análisis se maneja para la 1^{ra} clase del acabado en formas de placa o planchas, a cambio del estudio de capas con respecto a los caminos asfálticos.

Por lo consiguiente su resistencia del concreto se utiliza cotidianamente es elevada, entre 200 y 400 kg/cm^2 , sino estas serían losas de concreto simple, reforzado o preesforzado.

Según Vega (2018). El estudio del tráfico es primordial con respecto al diseño del pavimento rígido. Su cálculo determinado es dependiente de varios valores que hacen llegar a un resultado aproximado. Debido a ello, se consideró el cálculo de ejes equivalentes para dar como resultado el número total de repeticiones equitativas durante el periodo de estudio del pavimento, en otras palabras, se calculó el ESAL. Dicho valor se emplea tanto para la metodología AASHTO como también el PCI.

El índice medio diario anual (IMDA), es un dato numérico que determina el tráfico vehicular en una zona en específico. Según el MTC, el IMDA, es el producto del conteo vehicular junto con la clasificación de cada vehículo en el contexto durante una semana, así como el cambio en el comportamiento de los vehículos, junto con el análisis de peatones. Se llega a obtener usando la siguiente fórmula:

$$IMDA = IMDS * FC$$

Configuración vehicular	Descripción gráfica	EMDA (vehículos/día)
Automóviles:		2,320
C2		796
C3		101
C4		4
T2S2		5
T2S3		3
T3S2		12
T3S3		18
C2R3		10
B2		18
B3-1		14
B4-1		12
TOTAL		3,313

Fuente - Tema de tesis

Figura 1: Clasificación por eje
Fuente: Vega (2018)

Con la tasa de crecimiento anual se llegar a calcular la base a las proyecciones de crecimiento poblacional y económico del lugar de la carretera, por la cual influirá el aumento del tráfico y de los vehículos que circularan por dicho tramo. Esto se determina conociendo los tipos de vehículos y siguiendo las siguientes formulas:

$$\text{Vehiculos de carga: } r_{VC} = r_{PBI} * E_{VC}$$

$$\text{Omnibus: } r_0 = r_{PBI} * E_0$$

$$\text{Vehiculos ligeros: } r_{VL} = r_{pob} * xr_{percspita} * E_{VL}$$

También el Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos del MTC, la tasa de crecimiento anual se encuentra entre 2% y 6%.

Con el factor de carga equivalente por eje, se conoce el daño simbólico generado en el pavimento determinando el eje, la comparación que el daño produce el eje estándar de 18 kip (80 KN). Con el fin de disminuir el resultado que tendrán los distintos tipos de vehículos que circulan por el pavimento. Usando las siguientes ecuaciones:

$$a) \log \frac{W_{tx}}{W_{t18}} = 4.62 \log_{(18+1)} - 4.62 \log_{(L_x+L_2)} + 3.28 \log_{L_2} + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$b)_t = \log \frac{4.5-p_t}{4.5-1.5}$$

$$c)_x = 1.00 + \frac{3.63(L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} L_2^{3.52}}$$

Por último, el tráfico de diseño, es entender el total de repeticiones por cada uno de los ejes de carga en el proceso del tiempo de diseño utilizando la siguiente ecuación y tabla:

$$n_i = (n_0) * G * D * L * 365 * Y$$

Tabla 1: Esal

TIPO DE PAVIMENTO	ESAL
Pavimento Flexible	12.00 E+06
Pavimento Rígido	15.19 E+06

Fuente: Manual de Carreteras

Actualmente la demanda de tránsito en el distrito de San Juan de Lurigancho ha crecido rápidamente, por ello es necesario diseñar nuevas vías de dicho distrito.

Según Gaspar (2010), los componentes estructurales del pavimento rígido son la sub-rasante, sub-base y la carpeta asfáltica. Ya que dicha estructura reposa encima de la sub-rasante o el terreno a tratar, que constituye las diferentes capas de los últimos mencionados. Con la finalidad de dispersar las cargas del tránsito por el suelo para disminuir el esfuerzo, para que la superficie sea factible para los vehículos y manteniendo el cuidado de los suelos de los factores dañinos como el clima.

Es la última capa, la sub-rasante, que llega aguantar al producto tanto como el diseño se ha especificado con el tráfico a futuro. Para que el espesor sea de calidad dependerá que la sub-rasante cumpla tanto con la humedad, incompresibilidad, efectos de expansión y sobre todo resistencia, debido a esto se recalibra los factores se la carga del diseño a favor de la sub-rasante y su capacidad.

Es la segunda capa, la sub-base, que tiene como fin primordial distribuir, transmitir y soportar las cargas ejercidas en la superficie de la capa asfáltica con uniformidad, esto quiere decir que, la sub-rasante puede aguantar las diferentes variaciones del suelo que asechan a la sub-base. Debido a ello, la sub-base debe efectuar un control sobre los cambios de elasticidad y/o volumen que afectarían al producto.

Es la primera capa llamada la carpeta de rodadura ya que esta se aplica directamente hacia las cargas de tránsito. Está ubicada por encima de la base, asimismo se conforma de losas de concreto, usando cemento Portland. Debido a que, este elemento protegerá a las capas internas de efectos dañinos como las heladas, sol o lluvias, además de soportar los desgastes mínimos de los esfuerzos producidos por el tránsito.

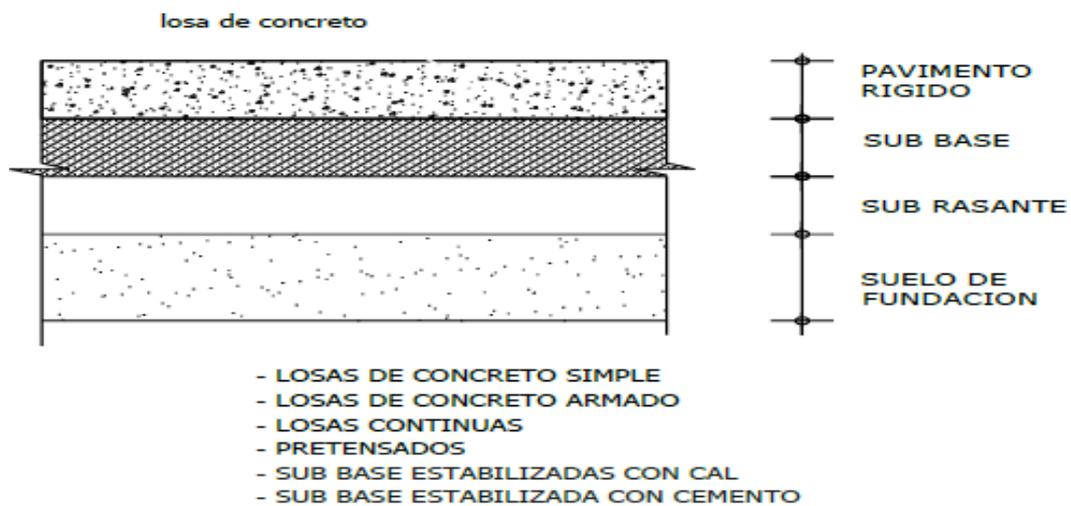


Figura 2: Estructura del pavimento rígido

Fuente: Gaspar (2010)

Dado otro punto, existen métodos de estructurales para el pavimento rígido como el AASHTO Y PCI, por la cual estos métodos se utilizarán en esta investigación.

Según Vega (2018), existen dos tipos de diseño principales para el espesor de los pavimentos rígidos. El primero se relaciona con los datos obtenidos en la carretera aprueba como es del Método AASHTO 1993 y la segunda sería la metodología del PCI que se basa en el desarrollo del mecanismo de las fallas buscando las propiedades del material del producto, su carga inducida y solicitaciones térmicas, calibrando cada una de estas propiedades con el manejo verdadero del pavimento.

La guía para el diseño del pavimento rígido se elaboró a la par con respecto al pavimento flexible, debido a ello, se publicó en el mismo manual. Este diseño se guía en ecuaciones empíricas cuyo ensayo de la carretera es el AASHTO, su objetivo esencial es dar a la capa asfáltica un espesor suficiente para manejar su nivel apropiado para que su desempeño sea constante durante toda su vida útil.

Según Menéndez (2016), el método AASHTO da el espesor del producto, con la cual se calcula a través de la siguiente fórmula:

De otro lado, según Campoverde, Guzñay, Maldonado y Moreria (2015), nos dice que el término de suelo proviene de la palabra latín solum que significa tierra o parcela ya esta parte es superficial de la corteza terrestre que se origina de la desintegración o alteración física y química de las rocas. También nos define la clasificación del suelo de la siguiente manera:

Características generales		
ARENAS (< 50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
		Pobremente graduadas
	Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
		Componente arcilloso

Los suelos arenosos están compuestos por partículas minerales que varían aproximadamente desde 1/4 "a 0.002 pulgadas en diámetro.

Figura 4: Características del suelo arenoso

Fuente: Campoverde, Guzñay, Maldonado y Moreria (2015)

Con el suelo limo las partículas minerales son naturales ya que son más pequeñas de 0.02 pulgadas de diámetro por la cual carecen de plasticidad y tienen baja resistencia en seco.

Características generales	
LIMOS	Baja plasticidad (LL < 50)
	Alta plasticidad (LL > 50)

Figura 5: Características del suelo limo

Fuente: Campoverde, Guzñay, Maldonado y Moreria (2015)

En cambio, con el suelo de arcilla está conformada de partículas de tamaño coloidal que esto llega a producir su plasticidad y resistencia en seco.

Características generales	
ARCILLAS	Baja plasticidad (LL < 50)
	Alta plasticidad (LL > 50)

Figura 6: Características del suelo arcilloso

Fuente: Campoverde, Guzñay, Maldonado y Moreria (2015)

Este tipo de suelo de grava son rocas que están formadas por clastos de tamaño entre 2 y 64 milímetros de diámetro ya que su composición química es variada.



Figura 7: Suelo Grava

Fuente: Campoverde, Guzñay, Maldonado y Moreria (2015)

Con el suelo orgánico contiene una composición orgánica en mayoría, debido a ello es permeable y/o esponjoso, por ellos son un gran receptor de humedad capaces de hacerlos más fértiles.



Figura 8: Suelo Orgánico

Fuente: Campoverde, Guzñay, Maldonado y Moreria (2015)

Finalmente, el suelo turba es un material orgánico de color pardo y oscuro y rico en carbono. Está constituida por una masa esponjosa y ligera ya que esto se emplea como combustible y en abonos orgánicos.



Figura 9: Suelo Turba

Fuente: Campoverde, Guzñay, Maldonado y Moreria (2015)

El vidrio, según Camelo (2007) nos expone que es un material duro y frágil a la vez, de aspecto transparente en lo general, y sobre todo fusible expuesto a grandes temperaturas. Conformada por la combinación de sílice con potasa o soda y otros materiales en menor escala. Elaborado en mayor escala en hornos o crisoles.

Además de ello, el material es altamente reciclable debido a que este puede ser reprocesado y convertido en un nuevo producto o en el mismo por defecto teniendo la mayor parte de sus características. Dando así a la población un inmenso catálogo de opciones en su rehúso.

Asimismo, tenemos diferentes tipos de este mismo, como son los vidrios duros, que son empleados en la fabricación de tubos de ensayo o utensilios de laboratorio, capaces de soportar altas temperaturas; también se denota la fibra de vidrio que se emplea en la construcción de láminas aplicadas a la edificación de proyectos; por otro lado, el vidrio Flint es uno especial debido a su índice de refracción, naturalmente utilizado en la industria óptica o como fines decorativos, así también como el vidrio ligero, que se emplea en la fabricación de envases domésticos, o también el vidrio pyrex que normalmente es usado por la población en la calefacción de comidas; por otro punto el vidrio de seguridad, que se fragmenta al momento de sufrir una rotura; así de importante como el vidrio de uso farmacéutico que es un material inerte e higiénico, debido a que no causa alguna reacción química con los materiales que conserva, asegurándose de cualquier tipo de contaminación.

Su fabricación conlleva la fusión de altas temperaturas en lo que respecta una mezcla de arena sílica, carbonato de sodio y carbonato de calcio inmerso en un horno. En ese proceso, el material granulado se convierte en una mezcla viscosa que varía desde los 1300 – 1500 °C. Mediante ello, se modifica la forma o se estructura el trabajo final al cual el material va dirigido, sea productos domésticos o industriales, a lo cual una vez terminado la estructura, el material regresa a su forma original, rígida y templada a través de un enfriamiento lento.

Asimismo, Lobatón (2018) nos explica con respecto a los vidrios reciclados y afirma que este aspecto sí es viable debido a la compostura que lleva el material y

que además este lleva altas cantidades de sílice y calcio convirtiéndolo en teoría en un compuesto puzolánico dando a paso a un factor como el cemento, además de asimilarse con las características del agregado fino, que es la arena.

Con respecto a ello, se hicieron estudios en un plazo de 10 años en respecto a la utilización del vidrio reciclado en reemplazo parcial del cemento, del agregado fino y también del agregado grueso. Con ello, se propone un uso al vidrio reciclado de acuerdo a su tamaño deseado.

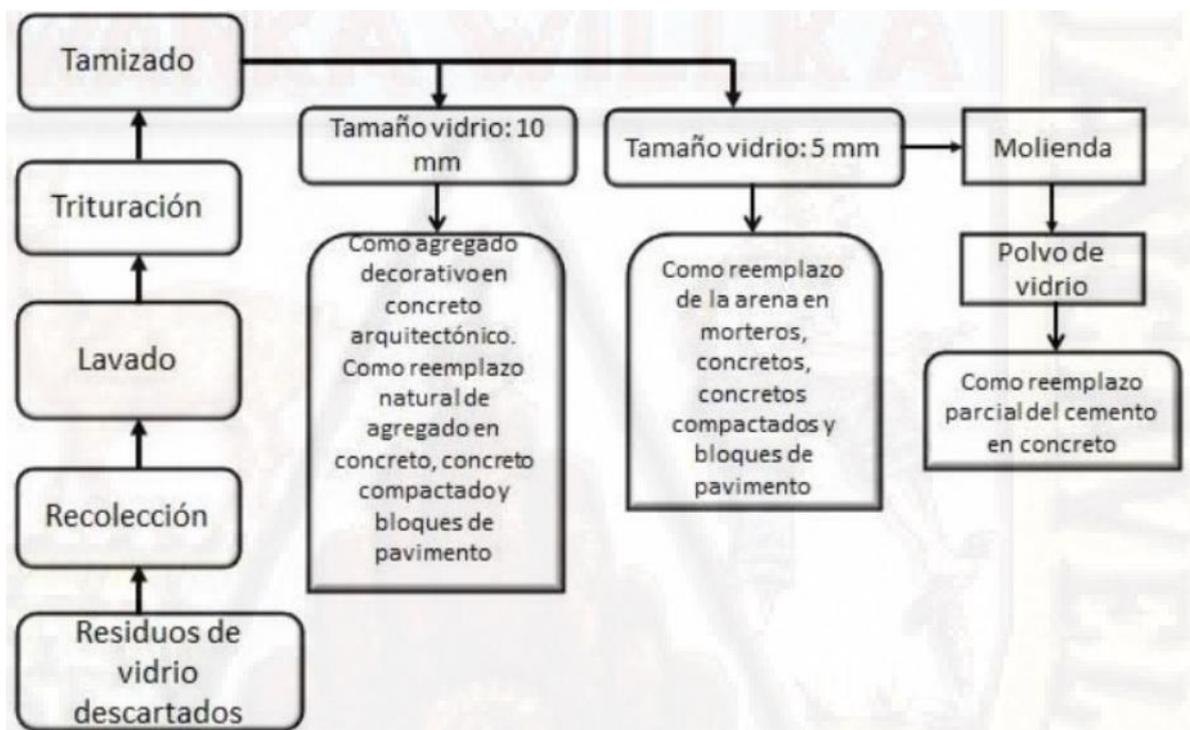


Figura 10: Uso del vidrio desechado

Fuente: Ling Poon & Wong (2013)

Con respecto a la reacción con respecto a la sustitución con respecto al cemento, se presenta la reacción Alkali-Silica (ASR) el cual se expande por el contexto del concreto ocasionando agrietamientos de manera repetida. Asimismo, basado en Shayan & Xu (2004) expone que el vidrio es susceptible a los ataques químicos por el contenido de sílice y por tener una forma amorfa, y más que todo que la pasta de cemento es altamente alcalina y ocasiona este fenómeno.

Así mismo, la reacción conlleva a un número de posibilidades, debido al tamaño del vidrio utilizado, debido a que el vidrio que está molido finamente no procede a

contraer este comportamiento, en adverso presenta propiedades puzolánicas. Por ello, las partículas de vidrio de un tamaño susceptible a la medida de 1.2 a 1.5 mm son ocasionales a que ocurra el fenómeno mencionado en el concreto. Según el punto, este fenómeno no es solo dable con la implementación del vidrio reciclado, sino también con los materiales que tengan un alto índice de materiales silicios.

Con respecto a su uso como agregado grueso Vijayakumar et al, (2013); Cassar & Camilleri, (2012), mencionan que es el menos recomendable, aunque es posible usarlo en pequeñas cantidades, debido a su contexto plano y alargado, que afecta la trabajabilidad. Generando así uniones débiles entre la pasta y el agregado reduciendo la resistencia a la compresión. Pero a comparación de la seguridad, este es menos rentable debido a su manejo y protección en todo momento.

Por ello, el vidrio como agregado fino es una de las mejores opciones en respecto al cambio o inserción de este material, debido a que no altera las propiedades del concreto, aumenta la resistencia de la compresión, más que nada en largos tiempos, además de mejorar las características térmicas del concreto, evitando afectar su durabilidad y si este mismo es molido evita el fenómeno ASR. Aun así, el factor más perjudicado por la inclusión del vidrio es el asentamiento del concreto y su trabajabilidad, aunque la ultima es posible mejorarla con el agregado de agua a la mezcla.

Con todo ello, Shi & Zheng (2007) no explayen los beneficios que contrae la inserción del material al cemento o concreto según respecta el trabajo, así como disminuir y/o eliminar costos de adquisición, mejorar la vida útil de rellenos sanitarios, preservar los recursos naturales, ahorrar energía en el proceso de realización de cemento por el cambio a vidrio y potenciar la conciencia ambiental.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

En el presente trabajo de investigación se desarrollará un diseño con respecto al pavimento rígido incorporando el vidrio reciclado para la Av. San Francisco en San Juan de Lurigancho, con el fin de ayudar en la transitabilidad de la comunidad. De acuerdo a ello, se tomará en cuenta las variables del diseño del pavimento rígido y el vidrio reciclado para determinar las características del producto elaborado.

Según Abarza (2013) el tipo de investigación para este caso es de tipo aplicada, debido al interés de los investigadores para buscar un problema y ofrecer respuestas a preguntas específicas. Dicho de otra manera, este tipo de investigación es la resolución estándar de problemas

Según Niño (2011) la investigación de enfoque cuantitativo trata de ver, cabe la redundancia, con la cantidad. Dicho de esa manera, su medio principal es el cálculo y la medición de las variables. Asimismo, las variables son medibles de acuerdo a las magnitudes que estas poseen.

De acuerdo a lo anterior, el proyecto expuesto conlleva un enfoque de investigación cuantitativa, debido a la medición de las variables, el manejo de sus magnitudes en el caso, la recolección de datos en campo y la aplicación de ensayos en laboratorios dando como resultados las alternativas de diseño óptimas para la infraestructura dispuesta a elaborar.

Según Arnau (1995) la investigación tipo cuasi-experimental es un sistema de investigación en donde las variables o factores a tratar en el estudio no son regidos por leyes del azar. Además de identificar y tratar con los tratamientos de dichos factores que interfieren en la variable dependiente.

Por lo anterior dicho, el tipo de investigación del presente trabajo es cuasi-experimental debido a que las condiciones del trabajo no son dadas al azar, y además de no tener el control absoluto de los contextos, aunque esto se establece en pequeños grupos para obtener un control permisible a favor de la investigación.

G1	X	01
G2	—	02

G: Grupos de sujetos

X: Tratamiento

O: Medición

3.2 Variables y Operacionalización

Según Ñaupas (2014), las variables son atributos de las cualidades que observa una persona, institución, por la cual se llega expresar las magnitudes que varía independientes o seguir con la clasificación de sus variables.

Variable independiente: Vidrio reciclado

- Definición Conceptual: Según Camelo (2007) El vidrio es un material duro y frágil a la vez, de aspecto transparente en lo general, y sobre todo fusible expuesto a grandes temperaturas. Conformada por la combinación de sílice con potasa o soda y otros materiales en menor escala. Elaborado en mayor escala en hornos o crisoles. Además de ello, el material es altamente reciclable debido a que este puede ser reprocesado y convertido en un nuevo producto o en el mismo por defecto teniendo la mayor parte de sus características.
- Definición Operacional: El vidrio reciclado aporta nuevas características al diseño de los pavimentos, de esta manera se aprovecha un uso efectivo en la composición y la cantidad de agregado que se emplea, siendo una opción viable y reusable en contra de la contaminación.

Variable dependiente: Diseño Estructural del pavimento rígido

- Definición Conceptual: Según Calla (2015), el pavimento rígido está constituido por una carpeta bituminosa que está apoyada específicamente

sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. Estos elementos que lo constituye al pavimento son: la sub-rasante, sub-base y la superficie de rodadura.

- Definición Operacional: El diseño del pavimento rígido es indispensable para la transitabilidad del contexto estudiado, aporta nuevas características y emplea un régimen diferente a lo convencional, dando opciones de adaptabilidad a nuevos aspectos.

3.3 Población, Muestra y Muestreo

Población

Para esta investigación se considerará como población la Av. San Francisco que se ubica en el distrito de San Juan de Lurigancho.



Figura 11: Av. San Francisco
Fuente: Propia

Muestra

Para este caso la muestra se representaría en el Agrupación Familiar “Los muebleros” que consta de aproximadamente de 120 m de longitud, de tal manera representara las mismas propiedades y proporciones de la vía seleccionada, por lo que comprende un total de 27 probetas de concretos con la incorporación de diferentes cantidades de vidrio reciclado, las cuales se desarrollaran con las Normas y Reglamentos correspondientes.

Tabla 3: Ensayos a la compresión

Ensayos a la Compresión de Probetas de Concreto				
Diseño de Mezcla	7 días	14 días	28 días	Total
Concreto	9	9	9	27
Total de Probetas				27

Fuente: Propia

Muestreo

Para el presente proyecto utilizaremos una muestra significativa, por la cual nuestro muestreo será No Probabilístico Intencional ya que nos da la liberación de elegir el lugar que necesitamos, asimismo la técnica donde el investigador puede elegir las muestras del lugar al azar, teniendo el conocimiento de los métodos que se utilizará para el estudio del pavimento rígido.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, se describirá las técnicas e instrumentos utilizados para el proyecto de investigación:

- La técnica utilizada en este presente trabajo de investigación es el análisis documental, esta técnica se recolectan los datos de todas las fuentes, libros, revistas, artículos, etc. para guardar los datos sobre las variables mencionadas.

Según Dulzaides y Molina (2004) el análisis documental es una manera de investigación técnica, una serie de operaciones intelectuales, que se emplean en representar y describir documentos con una jerarquía sistemática para tu correcta administración.

El instrumento dado en el trabajo de investigación son las fichas de registro de datos.

Según Serrano (2018) las fichas de registro son instrumentos elaborados con el fin de ver y/o observar diferentes aspectos estudiados. A la vez estas deben ser fáciles y simples en su función, y deben facilitar la observación del contexto para poder evaluarlos según lo amerite el investigador.

- La siguiente técnica a emplear es la observación experimental, esta técnica se elabora con los datos obtenidos por el investigador, este caso particular se puede manipular una o las dos variables

Según Ramos (2007) es un análisis que afecta la manipulación indirecta superficial de una variable o de algún factor de estudio por parte del investigador. Estos casos son divididos experimental y control.

Con todo ello, las técnicas que se están aplicando deben llevar dos requisitos indispensables que son la validez y la confiabilidad. Según

(Hurtado, 2012), la confiabilidad y la validez evidencian el método en que el instrumento se calibra a las necesidades del trabajo de investigación. Dicho eso la validez replantea la capacidad de un instrumento para cuantificar la medida del trabajo que fue diseñado. En otras palabras, se encarga de evaluar y medir el diseño para el cual fue creado.

3.5 Procedimientos

Lo primero se pedirá el permiso al encargado de la población para poder realizar la visita a campo, luego se pedirán los planos del lugar para poder examinar de donde inicia y acaba la avenida San Francisco y así poder diseñar el pavimento rígido con la implementación con el vidrio reciclado. Por consiguiente, con la técnica observación y el uso de ficha técnica se inicia la recolección de los datos obtenidos en el campo. Este procedimiento fue realizado de la siguiente manera, se realizará una pequeña observación en el lugar para la realización de medidas de la avenida que vallamos a necesitar, Después se hará la recopilación de los datos obtenidos en campo mediante el uso de los instrumentos topográficos, para poder determinar longitud del terreno. Finalmente se desarrollarán unos ensayos de probetas con las mezclas incorporando diferentes proporciones de vidrio reciclado para conocer su resistencia y compresión que se utilizará para el diseño estructural del pavimento rígido establecidos mediante cálculos y normas como el AASTHO y PCI.

Según Wilmar (2015), Los ensayos del suelo han sido y serán siempre una parte fundamental para llevar a cabo de las obras de infraestructura que nos permiten conocer las condiciones óptimas para dar paso al desarrollo mundial. Por la cual su principal objetivo es obtener un mejor aprovechamiento y conocimiento del mismo, ya que se creó por la necesidad de estudiar los suelos desde un punto de vista científico, iniciando por realizar estudios de manera sistemática y organizada.

Lo primero se realizará el procedimiento de ensayo de humedad natural es determinar el contenido de agua que está presente en la muestra del suelo.

El segundo ensayo es el peso unitario es obtener los datos como la masa de un volumen unitario del suelo esto incluye el volumen de las partículas individuales y

de vacíos entre las partículas, ya esto estén vacíos o llenos de agua esto sería el peso unitario saturado o si están secos para un peso unitario seco.

El siguiente ensayo sería el límite líquido es el porcentaje de humedad del suelo por debajo del comportamiento plástico ya que es la diferencia entre los valores obtenidos de ambos indicando el índice de plasticidad ya sea bajo o alto.

Con el análisis granulométrico es la separación de todas las partículas del suelo en sus diferentes tamaños usando mallas o tamices con aberturas cuadradas mediante el proceso de agitación esto se lleva a cabo con la separación de todas las partículas en porciones.

Entonces con la gravedad específica se conoce como la relación la unidad del volumen de los sólidos del suelo y la masa del volumen que sea igual del agua a una temperatura de 20°C.

Al usar este método cono y arena nos permite determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de los suelos por las condiciones óptimas para esta se lleve a cabo a las estructuras de los suelos.

Cuando el corte directo encuentra una falla de la muestra a través de dos esfuerzos: el primero es el esfuerzo normal que es mediante la aplicación de las cargas verticales y la segunda mediante cargas horizontales los valores se obtiene de ensayos de un plano de ejes coordenados.

Usando el CBR normalmente se utiliza para evaluar los materiales con diámetros máximos de las partículas de $\frac{3}{4}$ ", si en caso no se llegara cumplir este tipo de granulometría por la cual el método es parte de este manual no se especificará sobre los mismos.

Con el proceso de compactación-Proctor modificado a graves de las partículas de un terreno son obligadas a estar en contacto entre si ya que esto va producir una reducción en la relación de vacíos.

Por último, se dará con la clasificación de los suelos-Sistema SUCS se conocerá la complejidad y sin número de variables que tendrá el suelo en su naturaleza por la cual fue necesario crear un sistema que nos permita clasificarlos y establecer los criterios para su identificación.

Asimismo, se continuará con el diseño del pavimento rígido, contando con la metodología ASSTHO, para la cual se estima la resistencia de la losa asfáltica con un régimen de 210 kg/cm², aun contando con ello según el ACI 211.1 se va a tomar el esfuerzo a compresión promedio a través de la siguiente tabla:

Esfuerzo a compresión especificado $f'c$, kgf/cm²	Esfuerzo promedio requerido a compresión $f'cr$, kgf/cm²
< 210	$f'c+70$
210-350	$f'c+84$
>350	$1.10f'c+49$

Figura 12: Esfuerzo promedio requerido a compresión cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar

Fuente: ACI 211.1

Continuando con ello, se obtiene el resultado de la cantidad de materiales a conseguir para emplear nuestro diseño de mezcla. Prosiguiendo con nuestra adicción de vidrio reciclado en pequeñas cantidades, y variando el tamaño de este a una medida óptima para la resistencia máxima posible. Para ello, se desarrollará probetas que contengan dichas cantidades de vidrio triturado con el cual se procederá a hacer los ensayos de laboratorio para medir la resistencia en 3 distintos testigos y evaluar el mejor de estos para proceder con sus datos.

En otro punto, se procede con el método ASSTHO para pavimentos rígidos, en donde se evaluará la Esal de la Av. San Francisco, prosiguiendo con el cálculo de espesores óptimos para la capa asfáltica, como para la base y sub-base de toda la infraestructura. Con ello se evidencia en los resultados el manejo de fórmulas y parámetros obtenidos a través del cálculo contando con programas de Excel y fichas de datos.

3.6 Método de Análisis de Datos

Para el trabajo de investigación se utilizó el programa Microsoft Word para almacenar los datos obtenidos en la búsqueda de investigaciones y bases teóricas del sustento, además de emplear el programa Microsoft Excel para la elaboración del cronograma de actividades dado en el trabajo.

3.7 Aspectos Éticos

El método ha sido ejecutado bajo los parámetros que indican las reglas técnicas internacionales y nacionales, según lo indicado en el ASTM y PCI en lo cual respecta al diseño estructura del pavimento rígido.

También para el desarrollo de este proyecto de investigación se elaboró respetando los principios y reglas de la Universidad Cesar Vallejo, información que servirá para organizaciones tantas públicas como privadas, de contar con la información con la exactitud para sus proyectos, asimismo la averiguación se basó en la ética profesional, respetando todos los lineamientos del creador.

IV. RESULTADOS

Con respecto a los ensayos de laboratorio, comenzamos con los ensayos de suelos para determinar el estado en el que se encuentra la zona de estudio, cabe destacar que dicho proceso se realizó de la mano de la empresa MTL GEOTECNIA que avalo los ensayos de acuerdo a las normas ASTM D2487, ASTM D1883 e ASTM D1556, además de incluir la normativa SUCS en los procesos de reconocimiento con respecto al estado del suelo a tratar.

De igual manera, se comenzó a talar las muestras obtenidas en campo, prosiguiendo con el análisis granulométrico en donde se evidencio el número de tamices utilizados de acuerdo a la norma AASHTO T-27, dando como evidencia el porcentaje que pasa por cada tamiz y dando por consiguiente los siguientes resultados:

Tabla 4: Análisis granulométrico por tamizado

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
TAMIZ	AASTHO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
5 "	127.000	100		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)		
4 "	101.600	100		Contenido Humedad (%)	2.6	
3 "	76.200	100		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D34318)		
2 ½ "	63.300	100		Limite Liquido (LL)	28.0	
2 "	50.800	100		Limite Plástico (LP)	22.0	
1 ½ "	38.100	100		Índice Plástico (IP)	6.0	
1 "	25.400	100		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
3/4 "	19.000	100		27.7	68.0	4.3
1/2 "	12.500	100		CLASIFICACION DE SUELOS		
3/8"	9.500	87		Clasificación SUCS (ASTM D2487)	SP	
N° 4	4.750	72.3		Clasificación AASTHO (ASTM D3282)	A-1-b (0)	

N° 10	2.000	58.5	Nombre del Grupo	Arena pobremente grabada con grava
N° 20	0.840	40.8	INDICACIONES:	
N° 40	0.425	29.6		
N° 60	0.250	18.7		
N° 100	0.150	9.5		El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a $110 \pm 5^\circ \text{C}$
N° 200	0.075	4.3		

Fuente: Propia

De acuerdo a la norma ASTM D2216, el contenido de humedad que se presentó en el terreno se dio en un 2.6% lo cual evidencia que el terreno es seco con un bajo contenido de agua en su contexto. Así también se evidencio los límites de Consistencia de acuerdo a la normativa ASTM D4318 en el cual evidencia el límite líquido (LL) con un valor de 28.0 y el límite plástico (LP) con un valor de 26.0; lo cual da la diferencia de 6.0, que en caso sería el Índice plástico (IP). Además de ello, se evidencia el porcentaje de acuerdo a la clasificación de terreno con respecto a los tipos de suelos que hay, dando como grava un 27.7%, arena un 68.0% y por último un 4.3% de finos.

De acuerdo a la clasificación de suelos de acuerdo a régimen SUCS y a la normativa ASTM D2487, se obtuvo una clasificación "SP" de acuerdo a la tabla N° 08, lo que se determina como una arena pobremente graduada. Además de ello, se explico la clasificación del suelo según la normativa AASHTO D3282 lo cual nos dio un A- 1-b, lo cual evidencia un material excelente a bueno.

Asimismo, se evidencia la curva granulométrica con respecto al ensayo granulométrico, el cual determina la cantidad proporcional de cada elemento, a lo cual da como evidencia la cantidad prioritaria con respecto a la arena contenida en la muestra.

CURVA GRANULOMETRICA

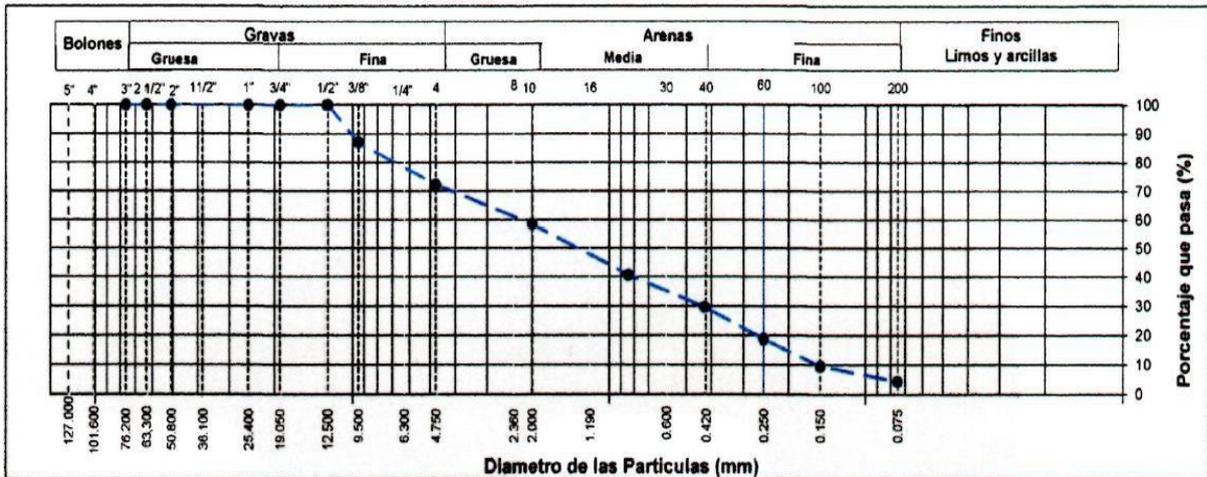


Figura N° 13: Curva Granulométrica

Fuente: Propia

Asimismo, se evaluó los ensayos con respecto al proctor modificado para determinar la densidad máxima seca del terreno y el contenido de humedad óptima para poder dar a evaluar los demás ensayos. Asimismo, se evidencia el uso del método "C" de acuerdo a la normativa ASTM D1883 los resultados de los ensayos, la extracción de material y las cantidades proporcionadas que se tomaron a partir de los muestreos.

Tabla 5: Ensayo de Compactación Proctor Modificado

ENSAYO DE COMPACTACION PRÓCTOR MODIFICADO						
Volumen : 2119 cm ³						
Molde: 6790 gr						
NUMERO DE ENSAYOS						
		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,831	11,132	11,395	11,436	11,368
Peso Suelo Húmedo	gr.	4,041	4,342	4,605	4,646	4,578
Compactado						
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	1.907	2.049	2.173	2.193	2.160
Recipiente Numero						
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	825.6	841.5	829.5	836.7	841.5
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	788.5	793.5	771.4	769.7	767.2
Peso de la Tara	gr.	221.5	236.9	215.8	224.7	230.2
Peso del agua	gr.	37.1	48.0	58.1	67.0	74.3
Peso del suelo seco	gr.	567	557	556	545	537.0
Contenido de agua	%	6.5	8.6	10.5	12.3	13.8
Densidad Seca	gr/cc	1.790	1.886	1.967	1.953	1.898
Densidad Máxima Seca : 1.973	gr/cm ³	Contenido Humedad Optima: 11.10 %				

Fuente: Propia

Además de ello, obtuvimos los resultados de los ensayos del cálculo de soporte californio (C.B.R.) en donde evidencia de acuerdo a la densidad y a la humedad obtenida el porcentaje de penetración que se empleó en el ensayo.

Tabla 6: Soporte de Relación California CBR

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde n°		A				D				F			
Nro de capas		5				5				5			
Nro de golpes		56				26				12			
condición de la muestra		no saturado		saturado		no saturado		saturado		no saturado		saturado	
peso suelo + molde (gr.)		12,459				12,710				11,912			
peso molde (gr.)		7,855				8,251				7,774			
peso suelo compactado (gr.)		4,604				4,459				4,138			
volumen del molde (cm ³)		2,105				2,131				2,114			
densidad húmeda (gr/cm ³)		2,187				2,092				1,957			
Humedad (%)		11,0				11,0				11,1			
densidad seca (gr./cm ³)		1,970				1,886				1,762			
CONTENIDO DE HUMEDAD													
tara+suelo húmedo (gr.)		612,5				587,6				602,5			
tara+suelo seco (gr.)		551,6				529,5				542,2			
peso de agua (gr.)		60,9				58,1				60,3			
peso de tara (gr.)													
peso de suelo seco (gr.)		551,6				529,5				542,2			
Humedad (%)		11,0				11,0				11,1			
EXPANSIÓN													
NO EXPANSIVO													
PENETRACIÓN													
Penetración (Pulg.)	Carga Standard (kg./cm ²)	A				D				F			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Kg.	Kg./cm ²	Kg.	Kg./cm ²	Kg.	Kg./cm ²	Kg./cm ²	CBR %	Kg.	Kg./cm ²	Kg.	Kg./cm ²
0.025		25	1.3			19	1.0			7	0.3		
0.050		127	6.4			95	4.8			33	1.7		
0.075		260	13.2			195	9.9			68	3.5		
0.100	70.307	338	17.1	16.8	23.9	235	12.9	12.9	18.3	89	4.5	4.5	6.4
0.150		436	22.1			327	16.6			114	5.8		
0.200	105.460	623	31.6			467	23.7			164	8.3		
0.300		736	37.4			552	28.0			193	9.8		
0.400		879	44.7			659	33.5			231	11.7		
0.500		982	49.9			737	37.4			258	13.1		

Fuente: Propia

Por último, se realizó el ensayo de densidad de campo por cono de arena de 6" de acuerdo a la normativa ASTM D1556 en la cual se tomó como dos puntos para identificar el porcentaje de compactación y a la vez, el porcentaje de humedad corregida.

Tabla 7: Densidad de campo por método de cono de arena de 6"

DENSIDAD DE CAMPO POR METODO DE CONO DE ARENA DE 6"				
	Ubicación		Vía	Vía
	N° de Ensayo		01	02
	Fecha de Ensayo		28-04-21	28-04-21
1	Peso de material +Tara	Gr	4810	4890
2	Peso de la tara	Gr	20	20
3	Peso neto del suelo + grava (1-2)	Gr	4790	4870
4	Peso de frasco + arena (antes)	Gr	7385	7323
5	Peso de frasco + arena (después)	Gr	1890	1835
6	Peso de la arena del embudo	Gr	1820	1820
7	Peso neto de la arena empleada (4-5-6)	Gr	367	3668
8	Densidad de la arena	Gr/cm3	1.43	1.43
9	Volumen del hueco (7/8)	Cm3	2570	2565
10	Peso de la grava (retenido malla ¾")	Gr	45	0
11	Densidad de la grava	Gr/cm3	2.68	2.68
12	Volumen de la grava (10/11)	Cm3	17	0
13	Peso del suelo (3-10)	Gr	4745	4870
14	Volumen del suelo (9-12)	Cm3	2553	2565
15	Densidad del suelo húmedo (13/14)	Gr/cm3	1.86	1.90
16	Humedad contenida en el suelo	%	4.30	3.60
17	Densidad del suelo seco 15 / (1+16/100)	Gr/cm3	1.78	1.83
	PORCETAJE DE COMPACTACION	%	90.3	92.9

Fuente: Propia

Tabla 8: Porcentaje de Humedad Corregida

CONTENIDO DE HUMEDAD				
1	Porcentaje de Humedad corregida	%	4.30	3.60
ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557 (C)				

Fuente: Propia

Para el diseño del pavimento, se empleó el método AASTHO con respecto a las tablas y ecuaciones empíricas que se ofrece con respecto a este método. Dado a ello, se emplea dicho material en nuestro contexto y los métodos a usar también aplicados con los resultados que se nos muestra en obra.

Para ello, se empleó el conteo vehicular para la zona de la Av. San Francisco, en donde se determinó la cantidad de vehículos que transitan por la zona en las horas horarias más comunes, asimismo se calculó el IMDs y el porcentaje que totaliza el conteo. (Tabla 9)

Asimismo, observando los factores de distribución direccional y de carril, según la Tabla 10, se evidencia los cálculos y valores a tratar con respecto al diseño de pavimento.

Numero de calzadas: 1 calzada

Numero de sentidos: 2 sentidos

Número de carriles: 1 carril

Tasa de crecimiento y proyección:

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Periodo de diseño (n) = 20 años

Factor de crecimiento poblacional hallaremos la tasa de crecimiento de la población:

R1 = 1.50%

$$Fca = \frac{(1 + 1.5\%)^{20} - 1}{1.5\%} = 23.124$$

Factor de crecimiento económico hallaremos la tasa de económica de la población:

R1 = 5.10%

$$Fca = \frac{(1 + 5.1\%)^{20}}{5.1\%} = 33.418$$

Cálculo de ejes equivalentes

Cálculo del factor de equivalencia para pavimentos rígidos:

$$\log\left(\frac{1}{FEE}\right) = 4.62 \times \log(18 + 1) - 4.62 \times \log(L_x + L_2) + 3.28 \times \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.5 - P}{4.5 - 1.5}\right) \quad \beta_x = 1.00 + \frac{3.63 \times (L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} \times L_2^{3.52}}$$

Para el cálculo de ejes equivalentes en pavimentos rígidos, tomamos como consideración los siguientes datos:

Pt = 2.5

D = 8 pulg.

Asimismo, se determinó el cálculo de ejes equivalentes según la Tabla 11, en donde se evidencia el cálculo y la determinación numérica de cada tipo de vehículo que se observa en el tránsito de la Av. San Francisco y prosiguiendo con la Tabla 12 se evidencio el total de Esal que se tiene en dicho contexto.

Por último, se realizará el diseño de pavimento rígido para dicha avenida, usando la siguiente formula de ecuación AASHTO:

$$\log_{10}W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Teniendo como variables de tiempo, se estimó una duración de 20 años con respecto a la vía que se considera construir, dado que esta es una vía no pavimentada de bajo volumen de tráfico.

De acuerdo al estudio del tráfico realizado con el método AASTHO el número de repeticiones será de 1861141. Asimismo, el tipo de tráfico da como evaluación una vía tipo TP6, como se evalúa en la Tabla 13.

Como dato de confiabilidad, es decir la desviación estándar, (S0) tomamos como promedio los factores correspondientes a la Tabla 14 con respecto al pavimento rígido, con lo cual dio como resultado un 0.35. Asimismo, con el tipo de vía, se determinó el factor de confiabilidad, (R) según la Tabla 15, con respecto a un 85%. Como dato adicional tomamos el dato de probabilidad $Z_r = -1.0364$, según estudios y tablas actualizadas en el diseño de pavimentos rígidos.

Para los criterios de comportamiento, se evidencio el índice de serviciabilidad, comenzando con el factor de Índice de Servicialidad Inicial (P0), a lo cual según el tipo de vía nos dio como resultado 4.3, según la Tabla 16 y asimismo el Índice de Serviciabilidad Final (Pt) que dio un resultado de 2.5 según la Tabla 17 y el tipo de vía.

Con respecto al número de ejes equivalentes, la resistencia a considerar será de 280 kg/cm². Cabe destacar que la investigación tomo como dato la resistencia de 210 kg/cm² debido a la MTC, pero por efectos de cálculo se prosiguió según el diseño y método ofrecido por la normativa AASTHO.

$$M_R = (f')^{0.5}, 1.99 < a < 3.18$$

Módulo de elasticidad del concreto (Ec):

$$f'_c = 280 \frac{kg}{cm^2} = 3974 \text{ psi}$$

$$E_c = 57000 (f'_c)^{0.5} = 3593261 \text{ psi} = 24775 \text{ Mpa}$$

Con respecto al módulo de transferencia de carga,(J) se determinó un valor de 3.8 para un concreto hidráulico sin pasadores, según la Tabla 18 y el contexto que se estudió en la Av. San Francisco

De igual manera el coeficiente del drenaje para el diseño de pavimento es bueno con un tiempo que ha transcurrido en el suelo que libera el 50 % de su agua libre de 1 día con un porcentaje que está expuesto a nivel de humedad cercana de la saturación entre el 5% a 25 % que es 1.10 según lo observado en la Tabla 19.

Obtenidos todos los datos y calculado el espesor de losa, se obtuvo un alcance de espesor de 255mm, es decir un aproximado de 25 cm de espesor de losa con referente al grosor que se va a diseñar, asimismo la altura o espesor de la Sub-base se tomó como referente a 15 cm, debido a las especificaciones técnicas de la MTC con respecto a pavimentos rígidos.

Con respecto a los ensayos de materiales, se evidencio las pruebas de laboratorio en los distintos parámetros a evaluar con respecto al vidrio reciclado, como también a los materiales a usar.

Determinando así el agregado fino y grueso según los ensayos de laboratorio, obtuvimos el índice de análisis granulométrico del agregado fino, en donde se mostró las muestras representativas para determinar su humedad contenida, asimismo tuvimos un peso inicial húmedo de 792.6 gr. y un peso inicial seco de 780.6 gr, con lo que dado el peso y la diferencia de masas, se determinó la humedad contenida en un 1.5% para el agregado fino. Cabe adicionar que el material fue sustraído de la Cantera “Trapiche” teniendo esta un módulo de fineza de 2.93 según detalla también la Tabla 20.

De igual manera, obtuvimos el índice de análisis granulométrico del agregado grueso, en donde se mostró las muestras representativas para determinar su humedad contenida, asimismo tuvimos un peso inicial húmedo de 1832.00 gr. y un peso inicial seco de 1830.00 gr, con lo que dado el peso y la diferencia de masas, se determinó la humedad contenida en un 0.1% para el agregado grueso. Cabe adicionar que el material fue sustraído de la Cantera “Trapiche” teniendo esta un módulo de fineza de 6.83 según detalla también la Tabla 21.

Para el ensayo de peso unitario se contó con los dos agregados para evaluar su peso unitario tanto suelto como compactado, estos resultados se obtuvieron a través de 3 muestras representativas en donde se usó un molde y se procedió a ensayar cada material.

Por parte del agregado grueso, contamos con 3 muestras de diferentes pesos, a lo cual en los determinados ensayos, se obtuvo como promedio de peso unitario suelto un valor de 1.318 g/cc^3 , asimismo, se obtuvo el peso unitario compactado y nos arrojó como resultado un factor de 1.535 g/cc^3 . Cabe destacar que los resultados se encuentran en la Tabla 22.

Por parte del agregado fino, contamos con 3 muestras de diferentes pesos, a lo cual en los determinados ensayos, se obtuvo como promedio de peso unitario suelto un valor de 1.535 g/cc^3 , asimismo, se obtuvo el peso unitario compactado y nos arrojó como resultado un factor de 1.755 g/cc^3 . Cabe destacar que los resultados se encuentran en la Tabla 23.

Para los ensayos de gravedad específica, se tomó 2 muestras representativas de cada material para determinar sus resultados, tanto como para el agregado fino como para el grueso, obteniendo así los resultados como para cada insumo, como el agregado grueso, en este caso siendo 2.65 en promedio con un porcentaje de absorción de 1.0% (Tabla 24), como también para el agregado fino siendo 2.64 en promedio con un porcentaje de absorción de 1.5% (Tabla 25).

Dando paso al diseño de mezcla del patrón requerido, según los datos obtenidos en los anteriores ensayos, se evaluó cada uno de las características a tomar en la resistencia requerida, en este caso se optó por una resistencia de 210 kg/cm^2 según antecedentes y datos obtenidos en la MTC. Dando paso así a escoger los materiales con respecto al diseño de mezcla.

Para el patrón se usó el cemento Sol Tipo I, además de los agregados finos y gruesos ya antes estudiados, como también el agregado del agua. Siendo el cemento el insumo a tratar, se determinó su peso específico en 3.12 g/cc^3 .

Además de ellos, se determinó los valores del diseño a tomar en cuenta, en este caso el asentamiento sería de 4 plg, el tamaño máximo del agregado grueso $3/4''$,

la relación agua/cemento obtenida de laboratorio se determinó en 0.606, así como el agua a tomar en consideración según tablas sería de 222, con un porcentaje de aire de 2%, y teniendo como volumen del agregado grueso un valor de 0.35. Siendo el tratado según lo determinado en laboratorio, las cantidades e peso de cada material, a lo cual se da con un cemento de 366 Kg/m³ el agua en un 230 Kg/m³, el agregado fino en un 755 Kg/m³ y como último un agregado grueso en un 933 Kg/m³. Dando seguimiento a las normas y estabilizaciones por humedad, se determinó la proporción del patrón en un 1-2.12-2.5 con un contenido de agua de 26.7 por cada m³ a tratar. (Tabla 26)

Por otro lado, para la representación del ensayo, se incluyó el material nuevo, siendo este el vidrio molido, el cual tuvo un alcance positivo al incorporarse en el diseño de mezcla, para ello se usó el cemento Sol Tipo I, además de los agregados finos y gruesos ya antes estudiados, como también el agregado del agua y adicional a este se determinó un alcance de 5 % de vidrio reciclado en reemplazo del agregado fino, con el fin de demostrar sus capacidades. Siendo el vidrio a tratar se dio un peso específico de 2.5, con un módulo de fineza de 3.16, con un factor de absorción de 0.1% y contando con un peso unitario suelto de 1311.0 Kg/m³ y peso unitario compactado de 1468.0 Kg/m³

No obstante, se determinó los valores del diseño a tomar en cuenta, en este caso el asentamiento sería de 4 plg, el tamaño máximo del agregado grueso 3/4", la relación agua/cemento obtenida de laboratorio se determinó en 0.606, así como el agua a tomar en consideración según tablas sería de 222, con un porcentaje de aire de 2%, y teniendo como volumen del agregado grueso un valor de 0.35. Siendo el tratado según lo determinado en laboratorio, las cantidades e peso de cada material, a lo cual se da con un cemento de 366 Kg/m³ el agua en un 230 Kg/m³, el agregado fino en un 755 Kg/m³ , un agregado grueso en un 933 Kg/m³ y en adición a este un vidrio molido determinado en un 5% con un peso de 36 Kg/m³. Dando seguimiento a las normas y estabilizaciones por humedad, se determinó la proporción del patrón en un 1-2.1-2.5 con un contenido de agua de 26.7 por cada m³ a tratar. (Tabla 27)

De igual manera, para la determinación del diseño de mezcla del concreto usando el vidrio molido, se optó adoptar un 10% de este material con el fin de reemplazar el agregado fino y determinar qué resultados se pueden obtener a comparación de su homónimo en esta investigación, dado ello, el vidrio a tratar se dio un peso específico de 2.5, con un módulo de fineza de 3.16, con un factor de absorción de 0.1% y contando con un peso unitario suelto de 1311.0 Kg/m³ y peso unitario compactado de 1468.0 Kg/m³.

Asimismo, se determinó los valores del diseño a tomar en cuenta, en este caso el asentamiento sería de 4 plg, el tamaño máximo del agregado grueso 3/4", la relación agua/cemento obtenida de laboratorio se determinó en 0.606, así como el agua a tomar en consideración según tablas sería de 222, con un porcentaje de aire de 2%, y teniendo como volumen del agregado grueso un valor de 0.35. Siendo el tratado según lo determinado en laboratorio, las cantidades e peso de cada material, a lo cual se da con un cemento de 366 Kg/m³ el agua en un 230 Kg/m³, el agregado fino en un 755 Kg/m³, un agregado grueso en un 933 Kg/m³ y en adición a este un vidrio molido determinado en un 5% con un peso de 72 Kg/m³. Dando seguimiento a las normas y estabilizaciones por humedad, se determinó la proporción del patrón en un 1-1.9-2.5 con un contenido de agua de 26.7 por cada m³ a tratar. (Tabla 28)

Así mismo, se prosiguió a la rotura y prueba de resistencias de las 27 probetas a tratar en el proyecto, con el fin de determinar el alcance de la resistencia de cada material con o sin el insumo del vidrio reciclado.

Con respecto al patrón, se evaluó la resistencia de la probeta determinada según la edad y la fecha de vaciado, implementando las herramientas necesarias y respetando las edades acordes a las normas específicas se obtuvo como promedio la resistencia de 205.13 kg/cm² a los 7 días de vaciado, asimismo se obtuvo 264.6 kg/cm² a los 14 días de vaciado y por último se obtuvo 272.9 kg/cm² a los 28 días. (Tabla 29)

Con respecto al 5% de vidrio reciclado, se evaluó la resistencia de la probeta determinada según la edad y la fecha de vaciado, implementando las herramientas necesarias y respetando las edades acordes a las normas

específicas se obtuvo como promedio la resistencia de 219.53 kg/cm² a los 7 días de vaciado, asimismo se obtuvo 273.76 kg/cm² a los 14 días de vaciado y por último se obtuvo 284.96 kg/cm² a los 28 días. (Tabla 30)

Con respecto al 10% de vidrio reciclado, se evaluó la resistencia de la probeta determinada según la edad y la fecha de vaciado, implementando las herramientas necesarias y respetando las edades acordes a las normas específicas se obtuvo como promedio la resistencia de 196.23 kg/cm² a los 7 días de vaciado, asimismo se obtuvo 234.1 kg/cm² a los 14 días de vaciado y por último se obtuvo 257.53 kg/cm² a los 28 días. (Tabla 31)

V. DISCUSIONES

Con respecto a los ensayos granulométricos, se mostró un aceptable terreno de practica para la instalación del pavimento rígido, dando como resultado un terreno con un límite líquido de 28.0 y un límite plástico de 22.0 con esto da a favor un índice plástico de 6.0, lo cual con respecto a los terrenos encontrados en zonas diferentes a la región de San Juan de Lurigancho es considerable para el manejo de la obra. Cabe destacar que el contenido de humedad es la parte que define la estabilidad del terreno y el soporte que pueda llegar a tener, es la zona Los Muebleros, de determino una humedad de 2.6% con lo que se registra un alcance óptimo para la estabilidad del suelo a favor de la implementación del pavimento. Siendo el terreno clasificado y determinado por la normativa SUSC con un calificativo "SP" y a la vez por la normativa AASTHO con un calificativo "A-1-b (0)" se da a conocer que el terreno es una arena pobremente gravada con grava, esto a fin de ver e inducir que el terreno no necesita más apoyo externo de otras canteras, debido a que su estructura es óptima para el proyecto a trazar, con su composición y factores a favor se demuestra que es permisible el poder inducir el asentad factiblemente. Además de ello, se explayo el resultado del proctor modificado, el cual se obtuvo al 95% de profundidad, el cual evidencio un valor de 17.5 según ensayos, con ello se verifico la estabilidad y el buen soporte que tiene el terreno con respecto a los manejos y compresiones que se da en la obra con respecto al pavimento rígido. Cabe destacar que, el terreno es óptimo para la estabilización de la obra, pero aun así, los procesos necesitan ser evaluados periódicamente, debido a la zona en considerable cambio, siendo la población Los Muebleros una zona con variaciones continuas debido al clima o al crecimiento de la población, en alzas de continuar en adaptarse a contextos más modernos.

Para el cálculo del pavimento rígido, se usó el método AASTHO, con el cual se determinó el número ESAL y la tipología del tránsito a tratar, con el fin de llevar todo a las ecuaciones empíricas y determinar el tamaño máximo a tratar en el diseño, siendo un tamaño aproximado de 25 cm de losa asfáltica a usar en la zona Los Muebleros, con una sub-base de 15 cm, dado que la sub-base se da a

conocer en las especificaciones técnicas del Manual de Transportes y Carreteras (MTC). Además de ello, se evidencia el óptimo manejo de la situación con respecto a la vía, dada con un cálculo de doble carril y una calzada, pero se debe reconsiderar el tramo con el tiempo, debido al crecimiento población, esto puede cambiar con respecto a la zona y el tipo de vehículos a tratar.

Con respecto a los ensayos de mezcla y ensayos de materiales, se mostró un gran avance con respecto a la resistencia a tratar siendo un factor de 210 kg/cm^2 lo cual dio los resultados óptimos con respecto a la inclusión del vidrio reciclado en las diferentes cantidades que se dio a testear, dado ello se mostró diferentes cantidades de materiales con respecto al patrón, al 5% de vidrio reciclado y al 10% del mismo material incursionado en la mezcla. Dando como resultados tanto al patrón con una resistencia de 272.9 kg/cm^2 en promedio, se evidencia que los materiales de la cantera a tomar, en este caso la cantera "TRAPICHE" son óptimos y cumplen con las expectativas. Aunque, en este caso, siendo un cálculo conveniente a la mezcla, se debe regular en cantidades más óptimas a la resistencia adquirida, siendo un caso excepcional en la medida a tomar con respecto al primer factor.

Por otro lado, con respecto a la inclusión del 5 % del vidrio reciclado, el resultado a tratar fue una resistencia de 284.96 kg/cm^2 en promedio, lo cual evidencia a diferencia de la resistencia del patrón un aumento primordial con respecto a la resistencia del patrón conseguido en los ensayos. Cabe destacar que es un aumento técnico con respecto a lo esperado, pero se deben ajustar los valores del diseño de mezcla, con el fin de conseguir los valores más óptimos según el diseño a tratar. Por último, con respecto a la inserción del 10% de vidrio reciclado, este fin llevo a tener una resistencia de 257.53 kg/cm^2 en promedio, dando un valor no tan elevado como los otros factores a tratar, siendo un apoyo a la evidencia e hipótesis en el caso de verificar el mejor porcentaje a incluir el vidrio en el diseño de mezcla. Cabe decir que es un factor relevante para el estudio y cálculo de variable, aun así, se deben ajustar valores a determinado tiempo y resistencia requerida según el diseño.

VI. CONCLUSIONES

El diseño estructural del pavimento rígido implementando el vidrio reciclado influye positivamente a favor de la resistencia de la capa asfáltica, debido a los diseños de mezcla que oscilan entre los 5 y 10% dando como resultado nuevas expectativas ante un diseño convencional o común para pavimentos.

La transitabilidad vehicular en la Av. San Francisco ha sido evaluada con el método AASTHO a lo cual se evidencio un Esal de 1861141 siendo evaluada como una carretera de alto tráfico denominada TP6, asimismo con el diseño se evidencia el óptimo acceso de 1 calzada con 2 sentidos para 1 carril, con el fin de promulgar una adecuada transitabilidad.

El tiempo vital del pavimento rígido se acopla a la resistencia adecuada que tiene el producto de acuerdo a lo experimentado, como se denota, la resistencia y el cálculo de tiempo vital se promulgo a 20 años hábiles de acuerdo al contexto y al crecimiento de la población en general, tomado en cuenta el factor que este pueda ocasionar.

El suelo de fundación se renueva de acuerdo a los resultados de los ensayos granulométricos obtenidos, dando como una densidad máxima seca de 1.973 gr/cm³ y un contenido de humedad optima de 11.10 % a lo cual, se obtuvo un CBR al 95% con un valor de 17.5. Otorgando un suelo apto y convencional para la implementación del pavimento rígido en la zona Los Muebleros.

La resistencia de la capa asfáltica se relaciona directamente proporcional con los porcentajes del vidrio reciclado, debido a los resultados que se obtuvo, mas importante los 28 días de curado el concreto de control (patrón) obtuvo en promedio 272.9 kg/cm², el concreto con 5% de adición de 284.96 kg/cm² y con 10% de adición de 257.53 kg/cm². Debido a ello, al observar las ventajas del vidrio basado sobre resistencia a la compresión, en los niveles de consistencia de concreto por m³ y en la favorable reducción de los volúmenes de peso del vidrio se corrobora su uso para los diseños de concretos y se elige 5% como porcentaje de adición ideal.

VII. RECOMENDACIONES

El agregado fino procedente de la cantera de Trapiche, presenta ciertas características granulométricas, no obstante, se puede utilizar en el diseño de mezclas de concreto.

Las propiedades físicas de los agregados del vidrio se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por las normas correspondientes, por lo que pueden ser utilizados en el diseño de mezclas de concreto.

Los áridos, el cemento, el agua, el vidrio triturado reciclado que se empleó en el estudio de investigación para las diferentes mezclas que se realizaron, cumplen con lo especificado en las normas MTC, ASTM o ACI, para la elaboración de un hormigón de buena calidad.

La resistencia a la compresión aumenta hasta cierta cantidad de vidrio añadido, pero al incrementarse más dicha cantidad de vidrio, esta resistencia disminuye, aproximándose a la resistencia del concreto de control (patrón).

REFERENCIAS

Alfaro, M. (2017). *Ventajas Comparativas entre Pavimentos de Concreto y Pavimentos de Asfalto*. [En línea]. Recuperado el 28 de Diciembre del 2020. Disponible en: <http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/ventajas-comparativas-entre-pavimentos-de-concreto-y-pavimentos-de-asfalto>

Almeida Beltrán, J.B; Trujillo Vivas, C.R. (2017). “Principios básicos de la construcción sostenible utilizando vidrio triturado en la elaboración de hormigones”. Tesis de pregrado. Quito. Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Armijos, I. (2018). *Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico reforzado con geosintético (geotextil no tejido) y fibra de vidrio para un pavimento de primer orden*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil.

Bazán, L. y Rojas, R. (2018). *Comportamiento mecánico del concreto $f'c = 210$ kg/cm² para pavimento rígido incorporando vidrio reciclado, distrito de Moyobamba, San Martín – 2018*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo.

Botía Diaz, W.A. (2015). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS DE SUELOS Y MEMORIA DE CÁLCULO. Tesis para optar el título de Ingeniero. Bogotá-Colombia, Universidad Militar Nueva Granada.

Briceño Estrada, C.N; Tello Vásquez, P.U. (2019). “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN ECONÓMICA ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE”. Tesis para optar el título de Ingeniero). Trujillo –Perú. Universidad Privada Antenor Orrego

Calla Mamani, E.A. (2015). “PAVIMENTACIÓN DE LOS JIRONES ACHAYA, MANCO C. APAC, CONDE DE LEMUS, ARICA Y PUNO DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CAMINACA-AZÁNGARO”. Tesis para optar el título de Ingeniero. Puno-Perú. Universidad Nacional del Altiplano.

Cano Cano, J.D; Cruz Pulgarin, C.M. (2017). "Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, Tamizado y granular como aditivo, a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón". Tesis de pregrado. Pariera, Colombia: Universidad Libre Seccional Pereira.

Carrera, J. Neciosup, P. (2016). ESTUDIO COMPARATIVO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO PARA EL MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VIAL EN LAS CALLES DEL SECTOR LOS LAURELES I DEL DISTRITO DE EL PORVENIR - TRUJILLO - LA LIBERTAD. Tesis de para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

Cordo, O. (2006). Manual de Diseño de Pavimentos (AASHTO-93).

Hernández, G. y Torres, J. (2016). *Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la av. Fitzcarrald, tramo carretero Pomalca – av. Víctor Raúl Haya de la Torre*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Señor de Sipán.

Huamán, M. y Rojas, Y. (2009). *Estudio de reciclaje del vidrio para la elaboración de productos en la ciudad de Huancayo*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero metalurgista y de materiales. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Lobatón, J. (2019). *Influencia del vidrio triturado en la resistencia a la flexión del concreto estructural para pavimentos rígidos en la ciudad de Huancavelica – 2018*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Nacional de Huancavelica.

Menéndez Acurio, J.R. (2016). Ingeniería de Pavimentos, Materiales. 5ta Edición. Lima: Fondo Editorial ICG.Vol. 1.

Morales, J. (2005). *Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad de Piura.

Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación diseño y ejecución*. [En línea]. Recuperado el 28 de Diciembre del 2020. Disponible en: <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3243/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DISENO%20Y%20EJECUCION.pdf>

Núñez, A. (2016). *Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geo-sintéticos*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Nacional del Altiplano.

Ochoa, L. (2018). *Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Señor de Sipán.

Peñafiel, D. (2016). *Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino*. Proyecto experimental previo para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad técnica de Ambato.

Pitarte, A. (2005). *Métodos y diseños de investigación*. [En línea]. Recuperado el 28 de Diciembre del 2020. Disponible en: <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/11.pdf>

Poveda R., Granja V., Hidalgo D. y Ávila C. (2015). *Análisis de la influencia del vidrio molido sobre la resistencia al desgaste en adoquines de hormigón tipo A*. [En línea]. Recuperado el 28 de Diciembre del 2020. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen35/tomo3/Analisisdela_influenciadelvidriomolido.pdf

Ramírez, M. (2013). *La geogrilla de fibra de vidrio, en el marco de la mecánica de materiales, como alternativa para la reparación de pavimentos*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Ricardo Palma.

Ramírez, W. y Zabaleta, R. (2017). Estudio comparativo del diseño del pavimento rígido, semirrígido con adoquines de concreto y flexible para las calles del sector vi c- el Milagro Trujillo- La Libertad. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad privada Antenor Orrego.

Rincón, J. (2010). *Materias Primas para la Industria del Vidrio*. [En línea]. Recuperado el 28 de Diciembre del 2020. Disponible en: http://www.ehu.eus/sem/seminario_pdf/SEMINARIO_SEM_2_049.pdf

Rodríguez Minaya, B.Y.E. (2016). "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN OPERACIONAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO, APLICANDO EL MÉTODO DEL PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI), EN LAS PISTAS DEL BARRIO EL TRIUNFO, DISTRITO DE CARHUAZ, PROVINCIA DE CARHUAZ, REGIÓN ANCASH, DICIEMBRE 2015". Tesis para optar el título de Ingeniero. Huaraz-Ancash-Perú. Universidad Católica de los Ángeles Chimbote.

Robles Bustios, R. (2015). CÁLCULO DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI), BARRANCO - SURCO - LIMA. LIMA - PERÚ: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA.

Ruiz, M.; Rodríguez, J. (2016). COMPARACION TECNICO-ECONOMICA DEL USO DE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE EN NICARAGUA. ESTUDIO DE CASO: TRAMO UNIKWAS-MULUKUKU. Monografía para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Autónoma de Nicaragua UNAN-MANAGUA.

SERPRO S.A.S. (2020). *Estudios sobre aplicaciones prácticas para la incorporación de vidrio molido en la fabricación de pavimentos y concretos*. [En línea]. Recuperado el 28 de Diciembre del 2020. Disponible en: https://gruposerpro.com/aplicaciones-vidrio-en-pavimentos-concretos/#REGISTRO_DEL_DESEMPEÑO.

Sicha, G. (2018). *Diseño con geosintéticos para la función de separación, filtración y refuerzo en pavimentos flexibles*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Vega Pérrigo, D.A. (2018). DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA CARRETERA DE ACCESO AL NUEVO PUERTO DE YURIMAGUAS (KM 1+000 A 2+000). Tesis para optar el título de Ingeniero. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Villegas, J. (2019). *Diseño del pavimento asfáltico utilizando geomallas de fibra de vidrio en Urbanización el Ingeniero I, Chiclayo*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo.

Villegas, V. (2017). *Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional*,

barranca-2016. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de Operaciones

TÍTULO: Diseño Estructural del Pavimento Rígido Implementando Vidrio Reciclado en la Av. San Francisco – San Juan de Lurigancho 2020.

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES						
	Definición Conceptual	Definición Operacional	DIMENSIONES	Indicadores	ITEMS	ESCALA
DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RIGIDO	Según Calla (2015), el pavimento rígido está constituido por una carpeta bituminosa que está apoyada específicamente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. Estos elementos que lo constituye al pavimento son: la sub-rasante, sub-base y la superficie de rodadura	El diseño del pavimento rígido es indispensable para la transitabilidad del contexto estudiado, aporta nuevas características y emplea un régimen diferente a lo convencional, dando opciones de adaptabilidad a nuevos aspectos.	Factores del pavimento rígido	Índice medio diario anual	2	ESCALA ORDINAL
				Tasa de crecimiento anual		
				Tránsito		
			Componente Estructural del pavimento rígido	Sub-rasante	3	
				Sub-base		
				Carpeta asfáltica		
			Método Estructural del pavimento rígido	Método ASSTHO	2	
				Método PCI		

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
	Definición Conceptual	Definición Operacional	DIMENSIONES	Indicadores	ITEMS	ESCALA
VIDRIO RECICLADO	Según Camelo (2007) El vidrio es un material duro y frágil a la vez, de aspecto transparente en lo general, y sobre todo fusible expuesto a grandes temperaturas. Conformada por la combinación de sílice con potasa o soda y otros materiales en menor escala. Elaborado en mayor escala en hornos o crisoles. Además de ello, el material es altamente reciclable debido a que este puede ser reprocesado y convertido en un nuevo producto o en el mismo por defecto teniendo la mayor parte de sus características.	El vidrio reciclado aporta nuevas características al diseño de los pavimentos, de esta manera se aprovecha un uso efectivo en la composición y la cantidad de agregado que se emplea, siendo una opción viable y reusable en contra de la contaminación.	Características del vidrio reciclado	Composición del vidrio	4	ESCALA ORDINAL
				Medidas de sustitución por otros materiales		
			Beneficios del vidrio reciclado	Resistencia a la flexión	2	
				Resistencia a la compresión		
			Rentabilidad en el empleo del vidrio reciclado	Costo del material	3	
				Manipulación del material		
				Incorporación a la estructura		

Anexo 2

Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<p>Problema General:</p> <p>¿De qué manera influye la implementación con vidrio reciclado en el diseño estructural del pavimento rígido en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020?</p> <p>Problemas Específicas:</p> <p>¿De qué manera el estado del pavimento rígido influye en la transitabilidad vehicular en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020?</p> <p>¿De qué manera los vidrios reciclados mejoran el tiempo de vida de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020?</p> <p>¿De qué manera el diseño estructural del pavimento rígido mejora la sub-rasante de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020?</p> <p>¿De qué manera los vidrios reciclados mejoran la resistencia de la capa asfáltica de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar de qué manera influye la implementación de vidrio reciclado en el diseño estructural del pavimento rígido en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>Identificar de qué manera el estado del pavimento rígido influye la transitabilidad vehicular en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p> <p>Determinar de qué manera los vidrios reciclados mejoran el tiempo de vida de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p> <p>Determinar de qué manera el diseño estructural del pavimento rígido mejora la sub-rasante de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p> <p>Determinar de qué manera los vidrios reciclados mejoran la resistencia de la capa asfáltica de las vías en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La implementación con vidrio reciclado mejora el diseño estructural del pavimento rígido en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <p>El estado del pavimento rígido influye en la transitabilidad vehicular en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p> <p>Las geomallas de fibra de vidrio mejoran el tiempo de vida de los pavimentos rígidos en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p> <p>La rehabilitación estructural del pavimento rígido mejora significativamente el suelo de fundación en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p> <p>Las geomallas con fibra de vidrio mejoran la resistencia de la capa asfáltica en la Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020.</p>	<p>Variable Dependiente: Diseño estructural del pavimento rígido</p> <p>Variable Independiente: Vidrio reciclado</p>	<p>Factores del pavimento rígido</p> <p>Componente Estructural del pavimento rígido</p> <p>Método Estructural del pavimento rígido</p> <p>Características del vidrio reciclado</p> <p>Beneficios del vidrio reciclado</p> <p>Rentabilidad en el empleo del vidrio reciclado</p>	<p>Índice medio diario anual</p> <p>Tasa anual de crecimiento</p> <p>Tránsito</p> <p>Sub-rasante</p> <p>Sub-base</p> <p>Carpa asfáltica</p> <p>Método AASTHO</p> <p>Método del PCI</p> <p>Composición del vidrio</p> <p>Medidas de sustitución por otros materiales</p> <p>Resistencia a la flexión</p> <p>Resistencia a la compresión</p> <p>Costo del material</p> <p>Manipulación del material</p> <p>Incorporación a la estructura</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Nivel de Investigación:</p> <p>Descriptivos</p> <p>Diseño de la Investigación:</p> <p>Diseño cuasi-experimental</p> <p>Universo:</p> <p>Av. San Francisco - San Juan de Lurigancho, 2020</p> <p>Muestra:</p> <p>Agrupación Familiar Los Muebleros que consta aproximadamente de 120 m de longitud.</p>	<p>Técnica de observación</p> <p>Técnica documental o Recolección de datos</p>	<p>Registro de Datos</p> <p>Fichas de registro</p>

Anexo 3

Reporte de Turnitin

Diseño Estructural del Pavimento Rígido Implementando Vidrio Reciclado en la Avenida San Francisco – San Juan de Lurigancho 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	10 %	0 %	5 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
2	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
3	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	1 %
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
7	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Anexo 4
Visita al campo

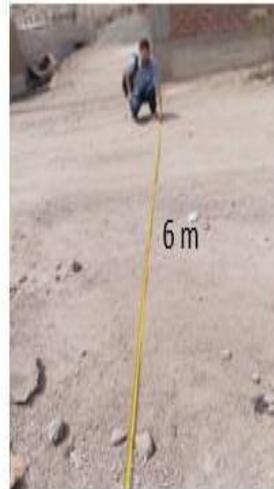


Anexo 5

Medición de la carretera



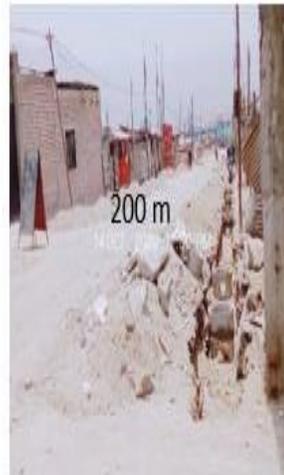
vereda



Ancho :
6 m



dilatación



Largo:
200m

Anexo 6

Ensayo de suelo - Extracción de la muestra



Calicata 1



Calicata 2



Anexo 7

Ensayo de suelo - Medición de la zanja



Profundidad:
1.45 m



Profundidad:
1.40 m



Profundidad:
2.05 m

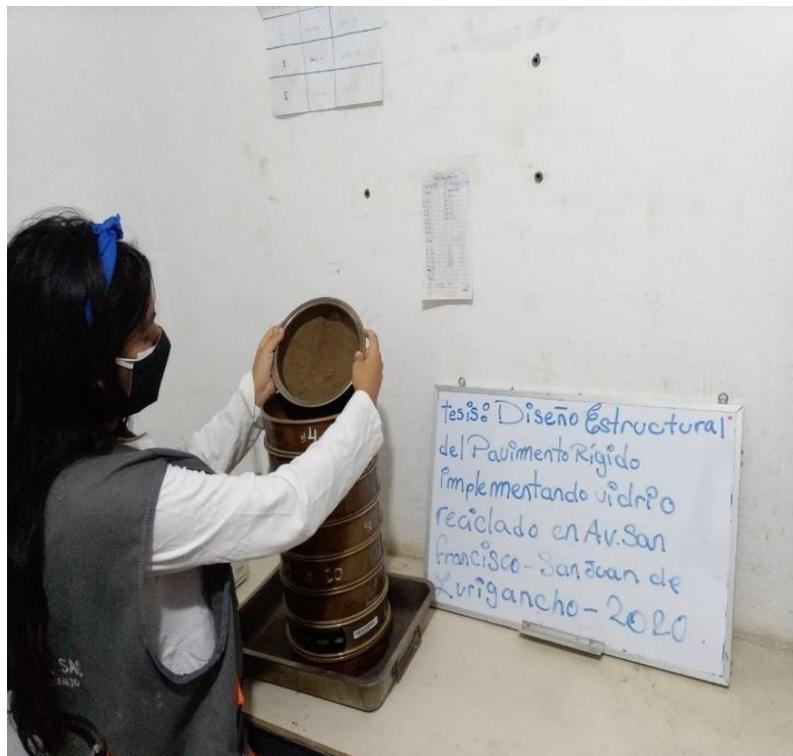
Anexo 8

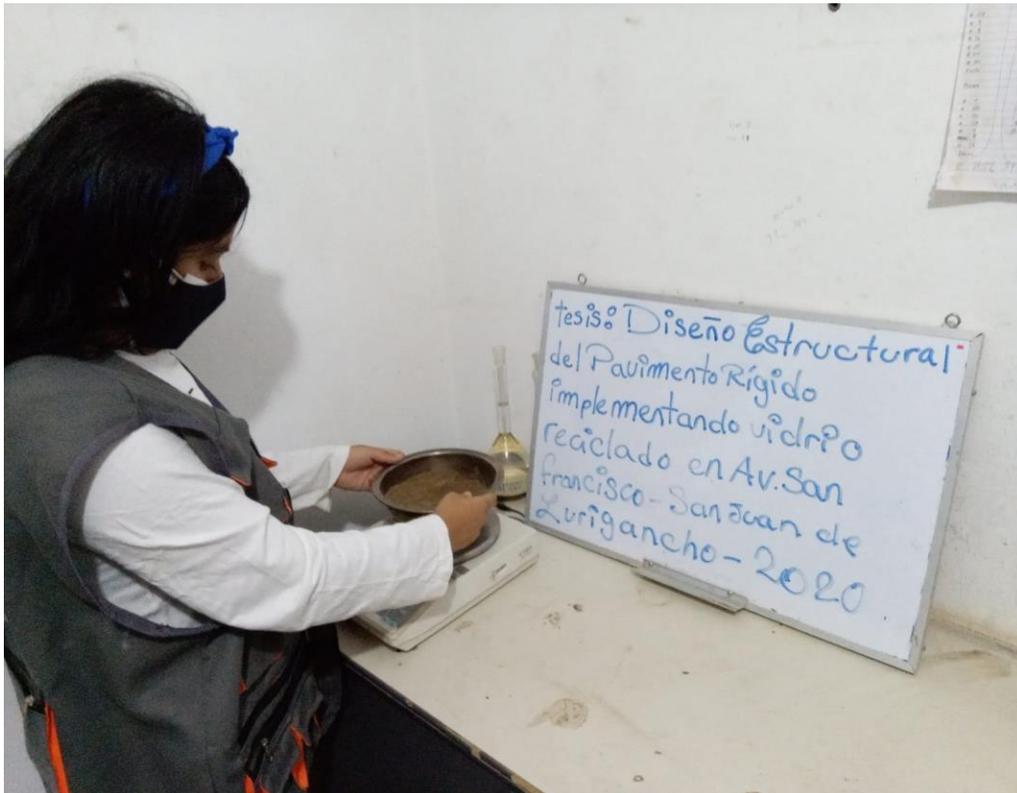
Ensayo de suelo - Ensayo de densidad - Método cono y arena



Anexo 9

Ensayo de suelo - Ensayo de granulometría por tamizado





Anexo 10

Ensayo de suelo - Ensayo de limite líquido y plástico



Anexo 11

Ensayo de suelo - Ensayo de proctor modificado





Anexo 12

Ensayo de suelo - Ensayo de CBR



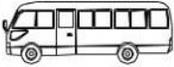
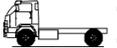
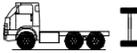
Anexo 13: Tablas referenciales

Tabla 2: Índice de Condición del Pavimento

RANGO	CLASIFICACION
100-85	Excelente
85-70	Muy bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Fuente: Granda (2019)

Tabla 9: Conteo Vehicular

<u>VE+A2:P21HÍCULO</u>		<u>CONTEO</u>									TOTAL	IMDs	%
COD	GRÁFICO	DIR	D	L	M	M	J	V	S				
VHL1_	 	IDA	21	27	38	29	20	41	39	215	64	48.42%	
		VUE.	30	39	31	24	35	36	34	229		51.58%	
_C2	 	IDA	15	12	14	12	11	10	14	88	26	50.00%	
		VUE.	14	11	15	14	10	12	12	88		50.00%	
_C3	 	IDA	20	10	20	10	10	10	30	110	31	51.16%	
		VUE.	10	30	10	20	10	20	5	105		48.84%	
_C4	 	IDA	12	11	10	12	11	11	12	79	22	52.67%	
		VUE.	10	9	12	10	11	10	9	71		47.33%	

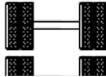
Fuente: Propia

Tabla 10: Factores de distribución direccional y de carril

NUMERO DE CALZADAS	NÚMERO DE SENTIDOS	NÚMERO CARRILES SENTIDO	DE POR	FACTOR DIRECCIONAL (FD)	FACTOR CARRIL (FC)	DE	FACTOR PONDERADO (FD x FC)
1 Calzada	1 Sentido	1		1	1		1
	1 Sentido	2		1	0.8		0.8
	1 Sentido	3		1	0.6		0.6
	1 Sentido	4		1	0.5		0.5
	2 Sentidos	1		0.5	1		0.5
	2 Sentidos	2		0.5	0.8		0.4
2 Calzadas	2 Sentidos	1		0.5	1		0.5
	2 Sentidos	2		0.5	0.8		0.4
	2 Sentidos	3		0.5	0.6		0.3
	2 Sentidos	4		0.5	0.5		0.25

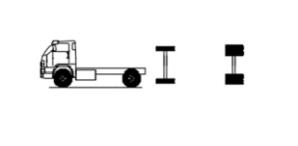
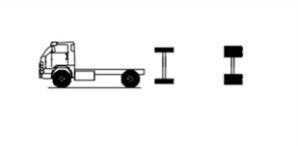
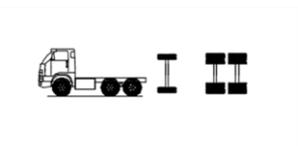
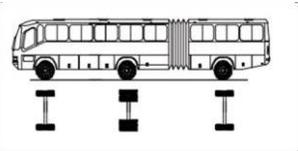
Fuente: Propia

Tabla 11: Cálculo de factor de ejes equivalentes

CÁLCULO DE FACTOR DE EJES EQUIVALENTES									
NOMENCLATURA	GRÁFICO	Peso	Lx	L2	Q_x	Q_{18}	G	$\log\left(\frac{1}{FEE}\right)$	FEE
		kips							
_1VL			2.2	1	1.000	1.1369	-	3.5528	0.00028
							0.1761		
_1RS			15.4	1	1.064	1.1369	-	0.2846	0.5192779
							0.1761		
_1RD			24.2	1	1.595	1.1369	-	-	3.3278986
							0.1761	0.5222	
_1RS_1RD			35.2	2	1.393	1.1369	-	-	2.1489833
							0.1761	0.3322	
_2RD			39.6	2	1.703	1.1369	-	-	3.4161565
							0.1761	0.5335	
_1RS_2RD			50.6	3	1.630	1.1369	-	-	2.9451325
							0.1761	0.4691	

Fuente: Propia

Tabla 12: Cálculo de factor de ejes equivalentes

TIPO	VEHICULO GRÁFICO	IMDs	FACTORES DE EJE EQUIVALENTE POR EJE				F.E.E. TOTAL	FACTOR DIREC. (FD)	FACTOR CARRIL (FC)	AÑO	(Fca)	ESAL
			DELANT.	EJE N° 01	EJE N° 02	EJE N° 03						
VHL1_		64	0.00028	0.00028			0.0006	51.58%	1	365	23.124	156
_C2		26	0.51928	3.32790			3.8472	50.00%	1	365	33.418	610033
_C3		31	0.51928	3.41616			3.9354	51.16%	1	365	33.418	761336
_C4		22	0.51928	2.94513			3.4644	52.67%	1	365	33.418	489616

ESAL = |1.86E+06

Fuente: Propia

Tabla 13: Categoría según volumen de tránsito

CATEGORIA	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE		TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE
	BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO DE 150,001 A 1'000,000 EE	De 150001 De 300001 De 500001 De 750001	A 300000 A 500000 A 750000 A 1000000
CAMINOS QUE TIENEN UN TRAFICO COMPRENDIDO ENTRE 1'000,000 Y 30'000,000 EE	De 1000001 De 1500001 De 3000001 De 5000001 De 7500001 De 10000001 De 12500001 De 15000001 De 20000001 De 25000001	A 1500000 A 3000000 A 5000000 A 7500000 A 10000000 A 12500000 A 15000000 A 20000000 A 25000000 A 30000000	TP5 TP6 TP7 TP8 TP9 TP10 TP11 TP12 TP13 TP14

Fuente: AASTHO

Tabla 14: Desviación Estándar (S0)

CONDICION DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTANDAR	
	PAV. RÍGIDO	PAV. FLEXIBLE
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.30	0.40
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40	0.50

Fuente: AASTHO

Tabla 15: Factor de Confiabilidad (R)

TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE		NIVEL DE CONFIABILIDAD
TP1	De 150001	A 300000	70%
TP2	De 300001	A 500000	75%
TP3	De 500001	A 750000	80%
TP4	De 750001	A 1000000	80%
TP5	De 1000001	A 1500000	85%
TP6	De 1500001	A 3000000	85%
TP7	De 3000001	A 5000000	85%
TP8	De 5000001	A 7500000	90%
TP9	De 7500001	A 10000000	90%
TP10	De 10000001	A 12500000	90%
TP11	De 12500001	A 15000000	90%
TP12	De 15000001	A 20000000	90%
TP13	De 20000001	A 25000000	90%
TP14	De 25000001	A 30000000	90%

Fuente: AASTHO

Tabla 16: Índice de serviciabilidad inicial (P0)

TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (P0)
TP1	De 150001	A 300000	4.1
TP2	De 300001	A 500000	4.1
TP3	De 500001	A 750000	4.1
TP4	De 750001	A 1000000	4.1
TP5	De 1000001	A 1500000	4.3
TP6	De 1500001	A 3000000	4.3
TP7	De 3000001	A 5000000	4.3
TP8	De 5000001	A 7500000	4.3
TP9	De 7500001	A 10000000	4.3
TP10	De 10000001	A 12500000	4.3
TP11	De 12500001	A 15000000	4.3
TP12	De 15000001	A 20000000	4.5
TP13	De 20000001	A 25000000	4.5
TP14	De 25000001	A 30000000	4.5

Fuente: AASTHO

Tabla 17: Índice de serviciabilidad final (Pf)

TIPO DE TRÁFICO EXPRESADO EN EE	RANGO DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PF)
TP1	De 150001	A 300000	2.0
TP2	De 300001	A 500000	2.0
TP3	De 500001	A 750000	2.0
TP4	De 750001	A 1000000	2.0
TP5	De 1000001	A 1500000	2.5
TP6	De 1500001	A 3000000	2.5
TP7	De 3000001	A 5000000	2.5
TP8	De 5000001	A 7500000	2.5
TP9	De 7500001	A 10000000	2.5
TP10	De 10000001	A 12500000	2.5
TP11	De 12500001	A 15000000	2.5
TP12	De 15000001	A 20000000	3.0
TP13	De 20000001	A 25000000	3.0
TP14	De 25000001	A 30000000	3.0

Fuente: AASTHO

Tabla 18: Modulo de Transferencia de Carga (J)

TIPO DE BERMA	MODULO DE TRANSFERENCIA DE CARGA			
	GRANUAR O ASFALTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	CON PASADORES	SIN PASADORES	CON PASADORES	SIN PASADORES
	2.7	3.8-4.4	2.8	3.8

Fuente: AASTHO

Tabla 19: Coeficiente de Drenaje (Cd)

Cd	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50% de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesto a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		< 1%	1 - 5%	5 - 25%	>25%
EXCELENTE	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
BUENO	1 dia	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
REGULAR	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
POBRE	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
MUY POBRE	Nunca	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: AASTHO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO

Material: Agregado fino

Peso inicial húmedo (g): 792.6

Peso inicial seco (g); 780.6

Cantera: Trapiche

% W= 1.5

MF= 2.93

Tabla 20: Análisis granulométrico de agregado fino

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00		0.00	100.00	100
Nº4	4.76	6.8	0.9	0.9	99.1	95 - 100
Nº8	2.38	115.8	14.8	15.7	84.3	80 - 100
Nº 16	1.19	186.9	23.9	39.6	60.4	50 - 85
Nº 30	0.60	192.5	24.7	64.3	35.7	25 - 60
Nº 50	0.30	128.5	16.5	80.8	19.2	05 - 30
Nº 100	0.15	86.9	11.1	91.9	8.1	0 - 10
FONDO		63.2	8.1	100.0	0.0	0 - 0

Fuente: Propia

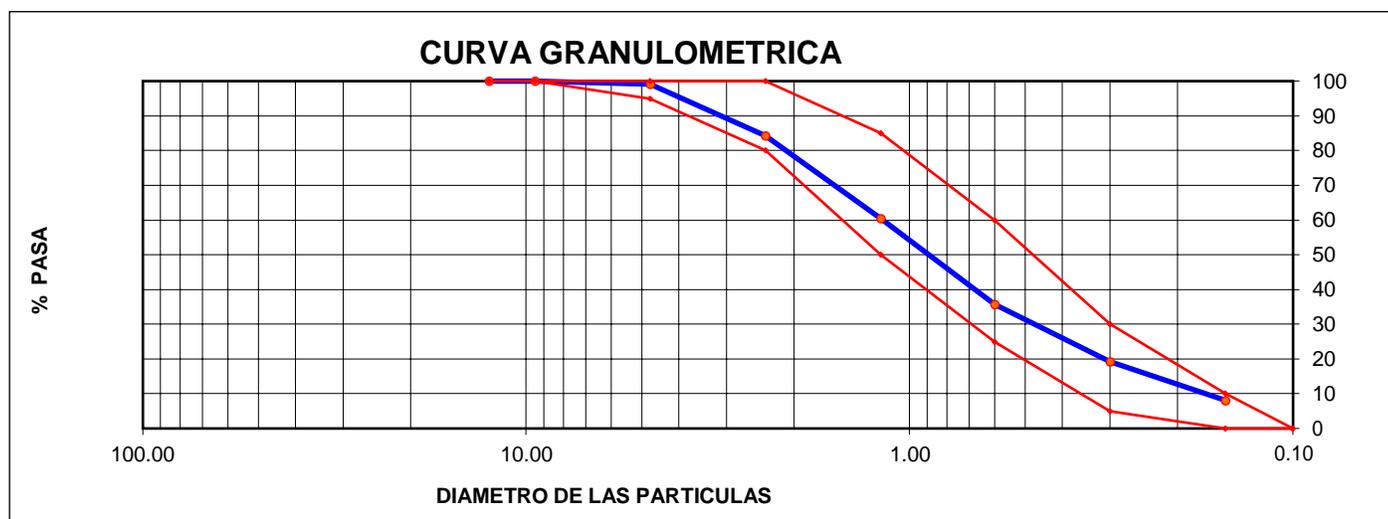


Figura N° 14: Curva Granulométrica del agregado fino
Fuente: Propia

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO

Material: Agregado grueso

Peso inicial húmedo (g): 1832.00

Peso inicial seco (g): 1830.00

Cantera: Trapiche

% W= 0.1

MF= 6.83

Tabla 21: Análisis granulométrico de agregado grueso

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO # 67
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.05	85.0	4.6	4.6	95.4	90 - 100
1/2"	12.50	896.0	49.0	53.6	46.4	---
3/8"	9.53	458.0	25.0	78.6	21.4	20 - 55
Nº 4	4.76	390.0	21.3	99.9	0.1	0 - 10
Nº 8	2.38	1.0	0.1	100.0	0.0	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		0.0	0.0			

Fuente: Propia

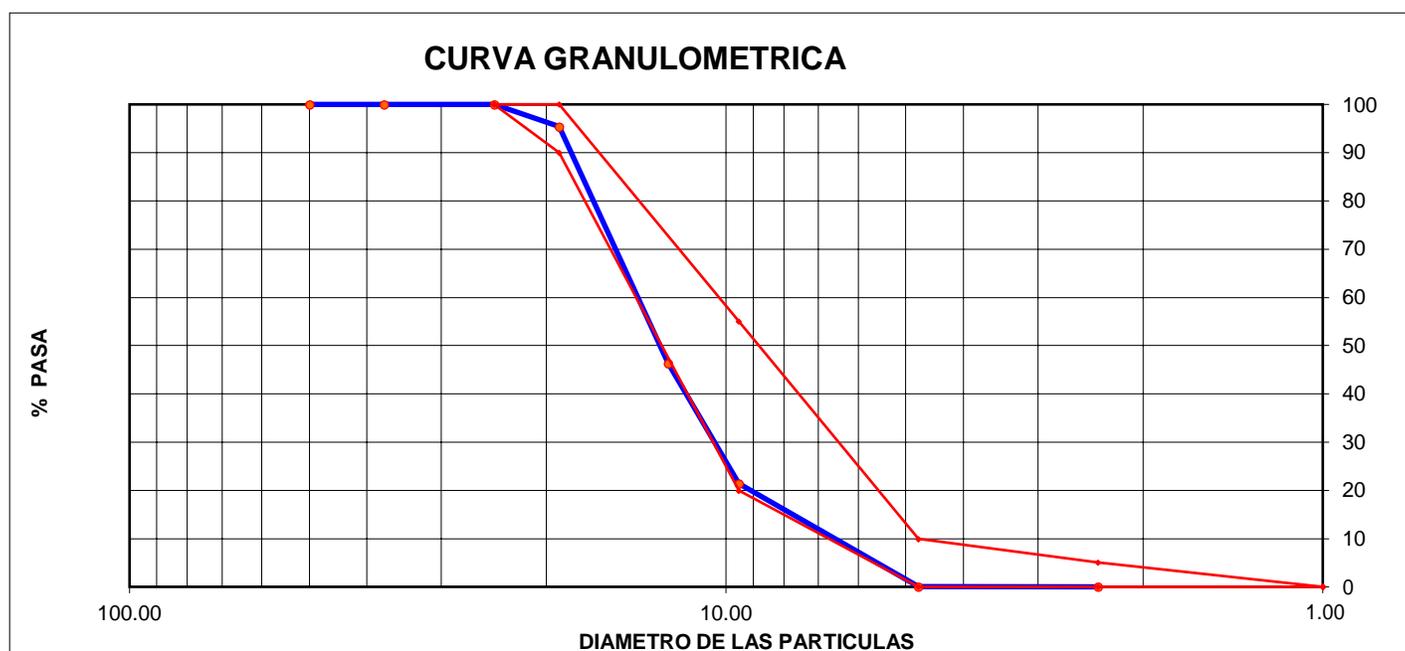


Figura N° 15: Curva Granulométrica del agregado grueso

Fuente: Propia

ENSAYO DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 22: Peso unitario del agregado grueso

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6012	5989	6005
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	3649	3626	3642
4	Volumen del Molde	cm ³	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cm ³	1.322	1.314	1.320
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO			g/cm³		1.318
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6614	6596	6587
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4251	4233	4224
4	Volumen del Molde	cm ³	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cm ³	1.540	1.534	1.530
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO			g/cm³		1.535

Fuente: Propia

ENSAYO DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Tabla 23: Peso unitario del agregado fino

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6596	6615	6587
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4233	4252	4224
4	Volumen del Molde	cm ³	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cm ³	1.534	1.541	1.530
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO			g/cm³		1.535
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7196	7215	7211
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4833	4852	4848
4	Volumen del Molde	cm ³	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cm ³	1.751	1.758	1.757
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO			g/cm³		1.755

Fuente: Propi

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DEL MATERIAL GRUESO

Tabla 24: Gravedad especifica de los sólidos del material grueso

MUESTRA N°				M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1590.0	1572.0	1581.0
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	2536.0	2508.0	2522.0
3	Peso muestra Seco	C	g	2511.0	2483.0	2497.0
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cm ³	2.68	2.68	2.68
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cm ³	2.65	2.65	2.65
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cm ³	2.73	2.73	2.73
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)*100		%	1.0	1.0	1.0

Fuente: Propia

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS DEL MATERIAL FINO

Tabla 25: Gravedad especifica de los sólidos del material fino

MUESTRA N°				M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua		g	981.98	981.5	981.7
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon		g	671.26	669.8	670.5
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)		g	310.72	311.7	311.2
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon		g/cm ³	663.9	662.3	663.10
5	Peso del Balon N° 2		g/cm ³	171	169.8	170.40
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)		g/cm ³	492.9	492.5	492.70
7	Volumen del Balon (V = 500)		cm ³	497.2	498.2	497.7

RESULTADOS

PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = $A/(V-W)$)	g/cm^3	2.64	2.64	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = $500/(V-W)$)	g/cm^3	2.68	2.68	2.68
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = $A/[(V-W)-(500-A)]$)	g/cm^3	2.75	2.75	2.75
PORCENTAJE DE ABSORCION (%) [(500-A)/A*100]	%	1.5	1.5	1.5

Fuente: Propia

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO – PATRON

Tabla 26: Diseño de mezcla patrón

f'c 210 kg/cm ²						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO	MODULO DE ELASTICIDAD	HUMEDAD NATURAL	ABSORCION	P. UNIFORME TARI O.S.	P. UNIFORME TARI O.C.
	g/cm ³		%	%	Kg/m ³	Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.93	1.5	1.5	153 5.0	175 5.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.83	0.1	1.0	131 8.0	153 5.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A)	VALORES DE DISEÑO				
1	ASENTAMIENTO		4	pulg	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4	"	
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.6	06	
4	AGUA		222		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO		2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.3	5	
B)	ANÁLISIS DE DISEÑO				
	FACTOR CEMENTO		366.070	Kg/m ³	8.6 Bls/m ³
	Volumen absoluto del cemento		0.1	m ³	173 m ³

Volumen absoluto del Agua	0.2	m ³ /	
	220	m ³	
Volumen absoluto del Aire	0.0	m ³ /	
	200	m ³	
			0.35
			9

VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS

Volumen absoluto del Agregado fino	0.2	m ³ /	0.64
	891	m ³	1
Volumen absoluto del Agregado grueso	0.3	m ³ /	
	516	m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS			1.000

C)

CANTIDAD DE MATERIALES POR EN PESO SECO			
CEMENTO	366	Kg/	
		m ³	
AGUA	222	Lt/m	
		3	
AGREGADO FINO	763	Kg/	
		m ³	
AGREGADO GRUESO	932	Kg/	
		m ³	
PESO DE MEZCLA	2283	Kg/	
		m³	

D)

CORRECCIÓN POR HUMEDAD			
AGREGADO FINO HUMEDO	774	Kg/	
	.6	m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO	932	Kg/	
	.7	m ³	

E)

CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS	%	Lts/	
		m³	
AGREGADO FINO	0.0	0.0	
	0		
AGREGADO GRUESO	0.9	8.4	
	0		
		8.4	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA		230.4	Lts/
			m³

F)

CANTIDAD DE MATERIALES POR EN PESO		
	m³	

	HUMEDO						
	CEMENTO			366	Kg/		
					m ³		
	AGUA			230	Lts/		
					m ³		
	AGREGADO FINO			775	Kg/		
					m ³		
	AGREGADO GRUESO			933	Kg/		
					m ³		
	PESO DE MEZCLA			230	Kg/		
				4	m³		
G)	CANTIDAD DE MATERIALES (42						
	lt.)						
	CEMENTO			15.	Kg	0.04	
				37		2	
	AGUA			9.6	Lts		
				8			
	AGREGADO FINO			32.	Kg		
				53			
	AGREGADO GRUESO			39.	Kg		
				17			
	PORPORCIÓN EN PESO	p3				PROPORCIÓN EN	
	(húmedo)					VOLUMEN	p3
						(húmedo)	
	C		1.0			C	1.0
	A.F		2.12			A.F	2.07
	A.G		2.55			A.G	2.90
	H2o		26.7			H2	26.7
						o	

Fuente: Propia

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO – 5% DE VIDRIO reciclado

Tabla 27: Diseño de mezcla del 5% del vidrio reciclado

f'c 210 kg/cm²						
MATERIAL	PESO ESPEC IFICO	MOD ULO FINE ZA	HU M. NAT URA L	ABS OR CIÓ N	P. UNI TARI O.S.	P. UNI TARI O.C.
	g/cm ³		%	%	Kg/ m ³	Kg/ m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.93	1.5	1.5	153 5.0	175 5.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.83	0.1	1.0	131 8.0	153 5.0
VIDRIO RECICLADO 5%	2.50	3.16 0	0.0	0.1	131 1.0	146 8.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A)

VALORES DE DISEÑO

1	ASENTAM IENTO		4 3/4	pulg
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4 "	
3	RELACION AGUA CEMENTO		0.6 06	
4	AGUA		222	
5	TOTAL DE AIRE ATRAPAD O %		2.0	
6	VOLUMEN AGREGADO GRUESO	DE	0.3 5	

B)

**ANÁLISIS DE DISEÑO
FACTOR CEMENTO**

**366.
070** **Kg/
m³** **8.6** **Bls/
m³**

Volumen absoluto del cemento	0.1	m ³ /	
	173	m ³	
Volumen absoluto del Agua	0.2	m ³ /	
	220	m ³	
Volumen absoluto del Aire	0.0	m ³ /	
	200	m ³	
			0.35
			9
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS			
Volumen absoluto del Agregado fino	0.2	m ³ /	0.64
	746	m ³	1
Volumen absoluto del Agregado grueso	0.3	m ³ /	
	516	m ³	
Volumen vidrio reciclado 5%	0.0	m ³ /	
	145	m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS			1.000

C)	CANTIDAD DE MATERIALES POR EN PESO SECO CEMENTO		
		366	Kg/m³
	AGUA	222	Lt/m ³
	AGREGADO FINO	725	Kg/m ³
	AGREGADO GRUESO	932	Kg/m ³
	VIDRIO RECICLADO (5% del volumen en reemplazo del agregado fino)	36	Kg/m ³
	PESO DE MEZCLA	2245	Kg/m³
D)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD		
	AGREGADO FINO HUMEDO	735	Kg/m ³
		.8	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO	932	Kg/m ³
		.7	
E)	CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS	%	Lts/m³
	AGREGADO FINO	0.0	0.0
		0	
	AGREGADO GRUESO	0.9	8.4
		0	
			8.4

AGUA DE MEZCLA CORREGIDA**230. Lts/
4 m³****F)****CANTIDAD DE
MATERIALES m³
POR EN PESO
HUMEDO
CEMENTO**366 Kg/
m³

AGUA

230 Lts/
m³

AGREGADO FINO

736 Kg/
m³

AGREGADO GRUESO

933 Kg/
m³VIDRIO RECICLADO (5% del volumen en
reemplazo del agregado fino)36. Kg/
14 m³**PESO DE MEZCLA****226 Kg/
5 m³****G)****CANTIDAD DE MATERIALES (42
lt.)**

CEMENTO

15. Kg 0.04
37 2

AGUA

9.6 Lts
8

AGREGADO FINO

30. Kg
91

AGREGADO GRUESO

39. Kg
17VIDRIO RECICLADO (5% del volumen en
reemplazo del agregado fino)151 g
7.8**PORPORCIÓN EN PESO p3
(húmedo)****PROPORCIÓN EN
VOLUMEN p3
(húmedo)****C 1.0****C 1.0****A.F 2.01****A.F 1.96****A.G 2.55****A.G 2.90****H2o 26.7****H2 26.7****o***Fuente:* Propia

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO – 10% DE VIDRIO RECICLADO

Tabla 28: Diseño de mezcla de 10% del vidrio reciclado

f'c 210 kg/cm ²						
MATERIAL	PESO ESPEC IFICO	MOD ULO FINE ZA	HU M. NAT URA L	ABS OR CIÓ N	P. UNI TARI O S.	P. UNI TARI O C.
	g/cm ³		%	%	Kg/ m ³	Kg/ m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.93	1.5	1.5	153 5.0	175 5.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.65	6.83	0.1	1.0	131 8.0	153 5.0
VIDRIO RECICLADO 10%	2.50	3.16 0	0.0	0.1	131 1.0	146 8.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE

A)	VALORES DE DISEÑO					
	1	ASENTAM IENTO		4 1/2	pulg	
	2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		3/4 "		
	3	RELACION AGUA CEMENTO		0.6 06		
	4	AGUA		222		
	5	TOTAL DE AIRE ATRAPAD O %		2.0		
	6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.3 5		
B)	ANÁLISIS DE DISEÑO					
	FACTOR CEMENTO			366.	Kg/	8.6 Bls/

		070	m³	m³
	Volumen absoluto del cemento	0.1	m ³ /	
		173	m ³	
	Volumen absoluto del Agua	0.2	m ³ /	
		220	m ³	
	Volumen absoluto del Aire	0.0	m ³ /	
		200	m ³	
				0.35
				9
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS			
	Volumen absoluto del Agregado	0.2	m ³ /	0.64
	fino	602	m ³	1
	Volumen absoluto del Agregado	0.3	m ³ /	
	grueso	516	m ³	
	Volumen vidrio reciclado 10%	0.0	m ³ /	
		289	m ³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES			1.00
	ABSOLUTOS			0
C)	CANTIDAD DE			
	MATERIALES m³			
	POR EN PESO SECO			
	CEMENTO	366	Kg/ m ³	
	AGUA	222	Lt/m ³	
	AGREGADO FINO	687	Kg/ m ³	
	AGREGADO GRUESO	932	Kg/ m ³	
	VIDRIO RECICLADO (10% del volumen en reemplazo del agregado fino)	72	Kg/ m ³	
	PESO DE MEZCLA	220	Kg/ m³	
		7		
D)	CORRECCIÓN POR HUMEDAD			
	AGREGADO FINO HUMEDO	697	Kg/ m ³	
		.1	m ³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO	932	Kg/ m ³	
		.7	m ³	
E)	CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS			
	AGREGADOS		%	Lts/ m³
	AGREGADO FINO	0.0	0.0	
		0		
	AGREGADO GRUESO	0.9	8.4	
		0		

				8.4
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA			230.4
				Lts/m³
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m³			
	POR EN PESO HUMEDO			
	CEMENTO	366	Kg/m ³	
	AGUA	230	Lts/m ³	
	AGREGADO FINO	697	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO	933	Kg/m ³	
	VIDRIO RECICLADO (10% del volumen en reemplazo del agregado fino)	72.28	Kg/m ³	
	PESO DE MEZCLA	2226	Kg/m³	
G)	CANTIDAD DE MATERIALES (42 lt.)			
	CEMENTO	15.37	Kg	0.042
	AGUA	9.68	Lts	
	AGREGADO FINO	29.28	Kg	
	AGREGADO GRUESO	39.17	Kg	
	VIDRIO RECICLADO (10% del volumen en reemplazo del agregado fino)	303.56	g	
	PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)			PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)
	C	1.0		C 1.0
	A.F	1.90		A.F 1.86
	A.G	2.55		A.G 2.90
	H2o	26.7		H2 26.7
				o

Fuente: Propia

ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO – PATRON

Tabla 29: Ensayo a compresión de concreto (patrón)

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	F'c Diseño kg/cm2	% F'c
PATRÓN	04/06/2021	11/06/2021	7	15781.0	78.5	200.9	210.0	95.7
PATRÓN	04/06/2021	11/06/2021	7	15968.0	78.5	203.3	210.0	96.8
PATRÓN	04/06/2021	11/06/2021	7	16586.0	78.5	211.2	210.0	100.6
PATRÓN	04/06/2021	18/06/2021	14	20984.0	78.5	267.2	210.0	127.2
PATRÓN	04/06/2021	18/06/2021	14	20780.0	78.5	264.6	210.0	126.0
PATRÓN	04/06/2021	18/06/2021	14	20561.0	78.5	261.8	210.0	124.7
PATRÓN	04/06/2021	02/07/2021	28	21362.0	78.5	272.0	210.0	129.5
PATRÓN	04/06/2021	02/07/2021	28	21325.0	78.5	271.5	210.0	129.3
PATRÓN	04/06/2021	02/07/2021	28	21621.0	78.5	275.3	210.0	131.1

Fuente: Propia

ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO – 5% VIDRIO RECICLADO

Tabla 30: Ensayo a compresión de concreto del 5% del vidrio reciclado

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F ^{'c} Diseño kg/cm ²	% F ^{'c}
5% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	11/06/2021	7	15781.0	78.5	200.9	210.0	95.7
5% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	11/06/2021	7	18029.0	78.5	229.6	210.0	109.3
5% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	11/06/2021	7	17914.0	78.5	228.1	210.0	108.6
5% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	18/06/2021	14	21453.0	78.5	273.1	210.0	130.1
5% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	18/06/2021	14	21873.0	78.5	278.5	210.0	132.6
5% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	18/06/2021	14	21185.0	78.5	269.7	210.0	128.4
5% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	02/07/2021	28	22361.0	78.5	284.7	210.0	135.6
5% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	02/07/2021	28	22469.0	78.5	286.1	210.0	136.2
5% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	02/07/2021	28	22315.0	78.5	284.1	210.0	135.3

Fuente: Propia

ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO – 10 % VIDRIO RECICLADO

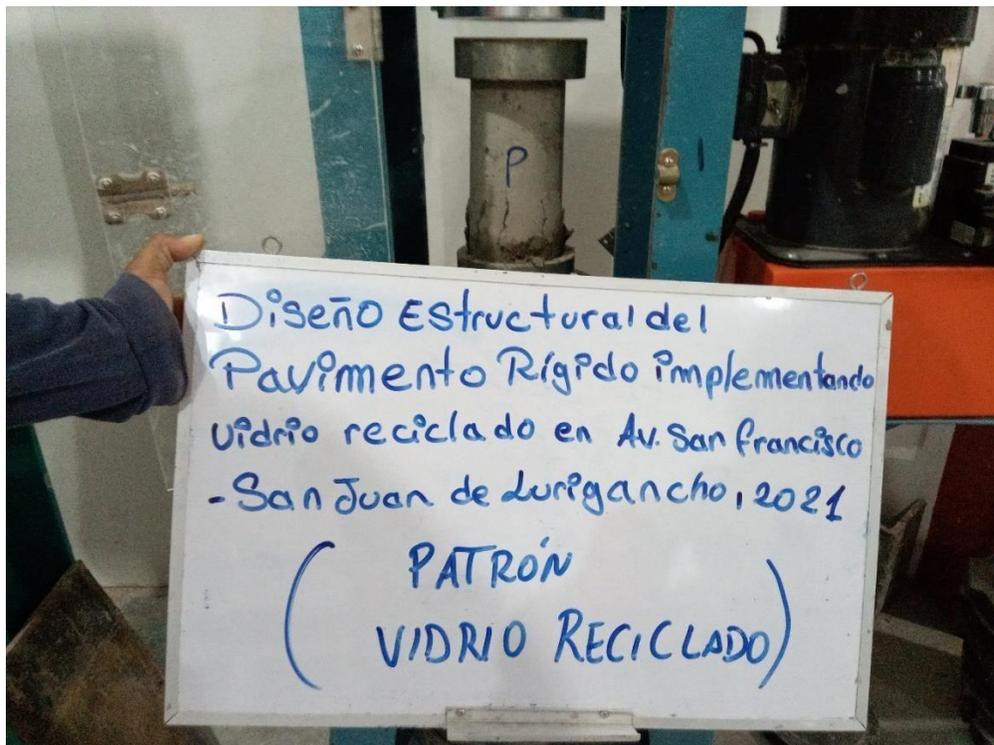
Tabla 31: Ensayo a compresión de concreto del 10% del vidrio reciclado

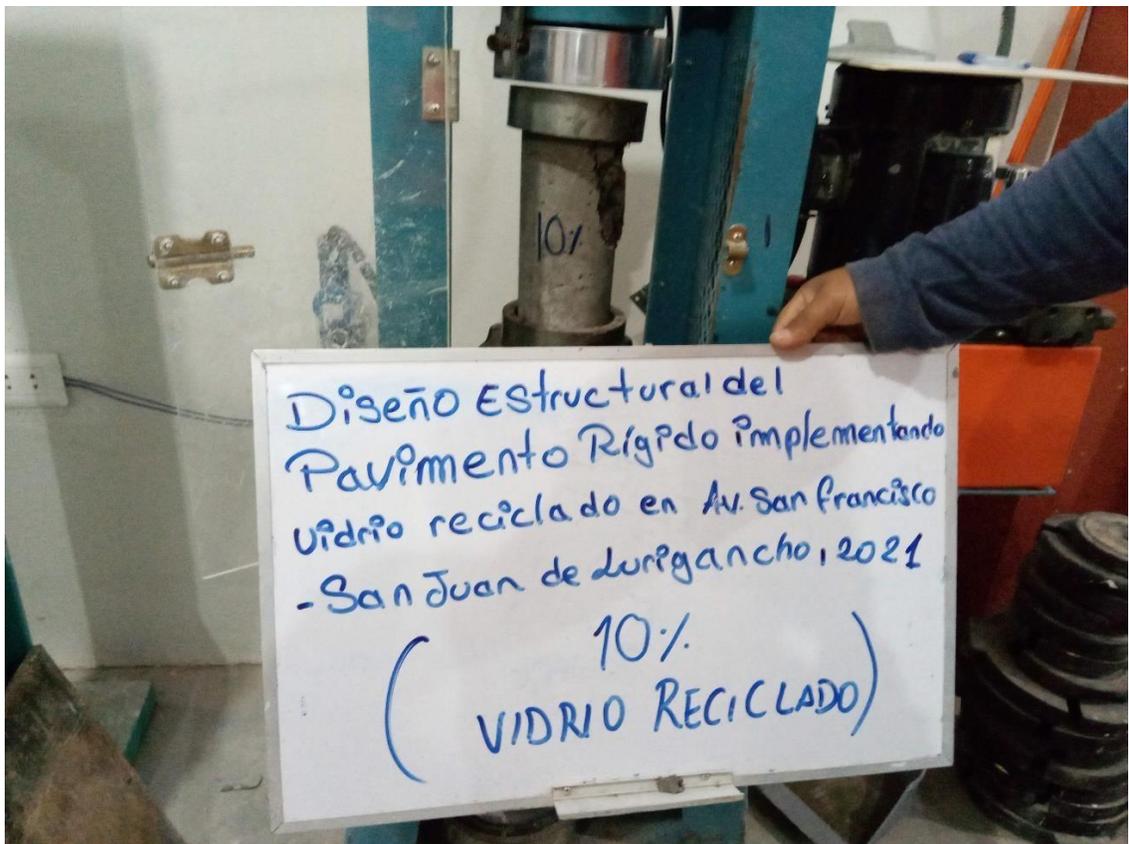
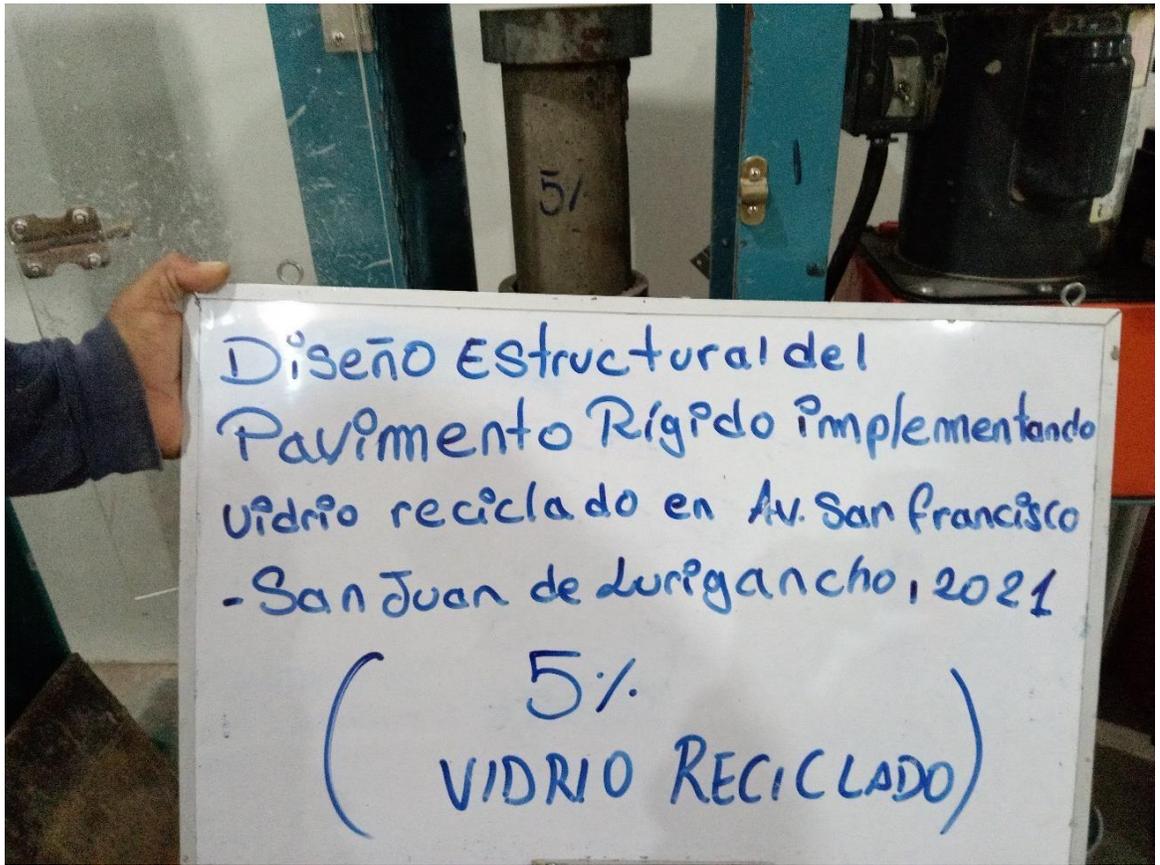
IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm ²	ESFUERZO kg/cm ²	F'c Diseño kg/cm ²	% F'c
10% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	11/06/2021	7	15433.0	78.5	196.5	210.0	93.6
10% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	11/06/2021	7	15486.0	78.5	197.2	210.0	93.9
10% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	11/06/2021	7	15312.0	78.5	195.0	210.0	92.8
10% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	18/06/2021	14	18168.0	78.5	231.3	210.0	110.2
10% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	18/06/2021	14	18497.0	78.5	235.5	210.0	112.1
10% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	18/06/2021	14	18494.0	78.5	235.5	210.0	112.1
10% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	02/07/2021	28	20125.0	78.5	256.2	210.0	122.0
10% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	02/07/2021	28	20384.0	78.5	259.5	210.0	123.6
10% DE VIDRIO RECICLADO	04/06/2021	02/07/2021	28	20179.0	78.5	256.9	210.0	122.3

Fuente: Propia

Anexo 15

Rotura de probeta a los 7 días

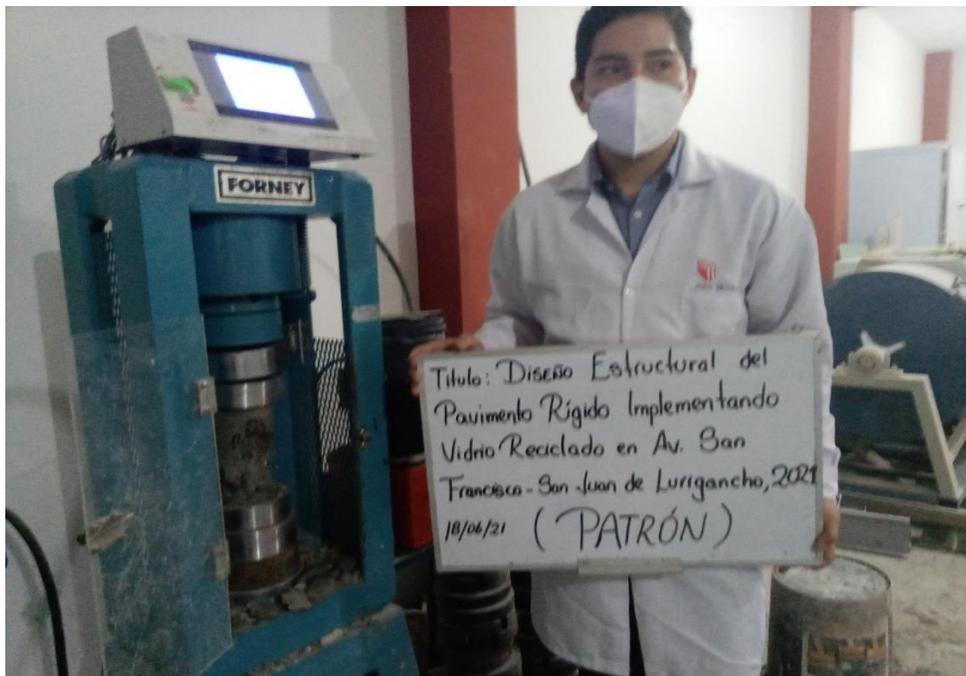






Anexo 16

Rotura de probeta a los 14 días







Anexo 17

Rotura de probeta a los 28 días



