

Facultad de Tecnología de la Construcción

**“ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE
FABRICACION ARTESANAL Y
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE
UNIDADES DE LADRILLO DE ARCILLA
ELABORADOS EN OCHO FABRICAS EN
EL MUNICIPIO LA PAZ CENTRO,
DEPARTAMENTO DE LEÓN, 2022”.**

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Tutor:

Br. Cristhel Mercedes
Pérez Granados.
Carnet: 2018-0677U

Br. Engels Manuel
Aráuz Velásquez
Carnet: 2018-0652U

Br. Martha Netzery
Miranda Romero.
Carnet: 2018-0674U

MSc. Ing. Silvia
Lindo O'connors.

Dedicatoria

A Dios por concederme salud, bendiciones y todos los dones regalados a lo largo de mi carrera. A mis padres Oscar y Yohen, por su apoyo incondicional tanto moral como económicamente, por acompañarme en cada paso y brindarme siempre de consejos. A mis hermanas Graciela y Margarita por estar cuando los necesitaba y siempre alentarme a seguir adelante. A mis compañeros Martha y Engels por todos estos años donde el apoyo y la amistad se hicieron presente.

Cristhel M. Pérez

A Dios y a la Virgen por siempre darme salud y bendiciones diarias. A mis padres, Pedro y Luisa por apoyarme tanto económicamente como moralmente y guiarme por el buen camino. A mi hermanita, Catalella por ser una razón de superación diaria. A mis abuelitos y tíos por todo su apoyo y cariño recibido. A mis compañeras Martha y Cristhel por haber formado parte desde los comienzos en la universidad hasta el trabajo monográfico, por todo su apoyo y cariño.

Engels M. Aráuz.

Primeramente, a Dios por concedernos la vida día a día y las bendiciones recibidas. A mis padres, Reynaldo y Netzery, a mi hermanita Reyna, a mi Mamita Mercedes y abuelita Martha, a mis tías y primitos; por su apoyo incondicional, palabras de aliento y ánimo. Por estar a mi lado en todo el camino universitario, por siempre confiar y creer en mí. A mis compañeros Cristhel y Engels, por haber compartido desde el primer semestre universitario hasta nuestro proceso de titulación, por ser nuestra red de apoyo y el equipo incondicional tanto profesional como personalmente.

Martha N. Miranda.

Agradecimientos

Agradecemos, a cada persona que estuvo involucrada en nuestro proceso de formación universitaria; docentes y compañeros; por la colaboración aportada en nuestro desarrollo.

A nuestras familias y amigos, por su apoyo y cariño incondicional.

A nuestra tutora, Msc. Ing. Silvia Lindo, por guiarnos a lo largo del proceso monográfico, por sus consejos, disposición y colaboración.

A cada uno de los dueños de las fábricas, por su cooperación, paciencia, amabilidad y disposición, por confiar en nosotros y brindarnos experiencias enriquecedoras.

A nuestros padres, por su completa disposición y apoyo, en especial a Don Pedro Jesús Araúz y Doña Luisa Amanda Velásquez, por recibirnos en su hogar.

ÍNDICE

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	3
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Ladrillos de arcilla	8
2.2. Características del ladrillo	8
2.3. Partes y dimensiones del ladrillo	9
2.4. Tipos de ladrillos y sus Usos.....	10
2.5. Fábricas de Ladrillos artesanales.....	13
2.6. Procesos de Fabricación artesanal de ladrillo de arcilla.	14
2.6.1. Extracción	14
2.6.2. Homogeneización.....	14
2.6.3. Moldeado	15
2.6.4. Curado	15
2.6.5. Secado.....	15
2.6.6. Carga del horno.....	16
2.6.7. Cocción	16
2.6.8. Descarga del Horno	17
2.6.9. Almacenamiento y Distribución	17
2.7. Propiedades del material.....	18
2.7.1. Contenido de Humedad.....	18
2.7.2. Análisis Granulométrico.....	19
2.7.3. Límites de Atterberg.	20
2.7.4. Métodos de Clasificación de Suelo.....	23
2.8. Propiedades Físicas.....	25

2.8.1.	Peso Volumétrico	25
2.8.2.	Porcentaje de Absorción en 24 horas	26
2.9.	Propiedades Mecánicas	27
2.9.1.	Resistencia a la compresión.....	27
2.10.	Propiedades Físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla establecida en la Norma MP-001: Norma mínima de diseño y construcción de mampostería.....	28
□	Ladrillos de arcilla macizos.....	28
□	Unidades sólidas de arcilla (artesanal)	28
CAPITULO III: DISEÑO METODOLOGICO		29
3.1.	Área de Estudio	30
3.1.1.	Macro localización	30
3.1.2.	Micro localización	30
3.2.	Metodología	31
3.2.1.	Primera Visita de Campo.....	32
3.2.2.	Segunda Visita de Campo.....	32
3.2.3.	Cronograma de Visitas	33
3.3.	Materiales y Métodos.	34
3.4.	Realización de pruebas de Laboratorio.....	34
3.5.	Procesamiento de los datos.	34
3.6.	Análisis de resultados.	35
3.7.	Elaboración de un documento práctico con los procesos estándar de las fábricas en estudio.	35
CAPITULO IV: FÁBRICAS ESTUDIADAS		36
4.1.	Generalidades.....	37
4.2.	Materiales	38
4.3.	Área total de las fábricas.....	39
4.4.	Horario de producción	41
4.5.	Proceso de Fabricación Observado	42
4.6.	Otros Datos.....	50
CAPITULO V: LABORATORIOS REALIZADOS		52
5.1.	Fábrica San Carlos	54

5.1.1.	Contenido de Humedad.....	54
5.1.2.	Granulometría.	55
5.1.3.	Límites de Consistencia de Atterberg.....	57
5.1.5.	Porcentaje de Absorción en 24 horas.	61
5.1.6.	Peso Volumétrico.	62
5.1.7.	Resistencia a la Compresión.	63
5.2.	Ladrillera Santa Rosa.....	66
5.2.1.	Contenido de Humedad.....	66
5.2.2.	Granulometría.	66
5.2.3.	Límites de Consistencia de Atterberg.....	67
5.2.4.	Clasificación de Suelo.	69
5.2.5.	Porcentaje de Absorción en 24 horas.	69
5.2.6.	Peso Volumétrico.	69
5.2.7.	Resistencia a la Compresión.	70
5.3.	Plantel Los Flores.....	71
5.3.1.	Contenido de Humedad.....	71
5.3.2.	Granulometría.	72
5.3.3.	Límites de Consistencia de Atterberg.....	73
5.4.3.	Clasificación de Suelo.....	74
5.3.4.	Porcentaje de Absorción en 24 horas.	74
5.3.5.	Peso Volumétrico.	75
5.3.6.	Resistencia a la Compresión.	75
5.4.	Plantel San Francisco.....	77
5.4.1.	Contenido de Humedad.....	77
5.4.2.	Granulometría.	77
5.4.3.	Límites de Consistencia de Atterberg.....	78
5.4.4.	Clasificación de Suelo.	79
5.4.5.	Porcentaje de Absorción en 24 horas.	80
5.4.6.	Resistencia a la Compresión.	81
5.5.	Plantel Los Reyes.....	82
5.5.1.	Contenido de Humedad.....	82

5.5.2.	Granulometría.	82
5.5.3.	Límites de Consistencia de Atterberg	83
5.5.4.	Clasificación de Suelo.	85
5.5.5.	Porcentaje de Absorción en 24 horas.	85
5.5.6.	Peso Volumétrico.	86
5.5.7.	Resistencia a la Compresión.	86
5.6.	Plantel Los García.....	88
5.6.1.	Contenido de Humedad.....	88
5.6.2.	Granulometría.	88
5.6.3.	Límites de Consistencia de Atterberg	89
5.6.4.	Clasificación de Suelo.	91
5.6.5.	Porcentaje de Absorción en 24 horas.	91
5.6.6.	Peso Volumétrico.	91
5.6.7.	Resistencia a la Compresión.	92
5.7.	Tejar Juan Gómez.....	93
5.7.1.	Contenido de Humedad.....	93
5.7.2.	Granulometría.	94
5.7.3.	Límites de Consistencia de Atterberg	95
5.7.4.	Clasificación de Suelo.	96
5.7.5.	Porcentaje de Absorción en 24 horas.	96
5.7.6.	Peso Volumétrico.	97
5.7.7.	Resistencia a la Compresión.	97
5.8.	Tejar Cabo de Hornos	99
5.8.1.	Contenido de Humedad.....	99
5.8.2.	Granulometría.	99
5.8.3.	Límites de Consistencia de Atterberg	100
5.8.4.	Clasificación de Suelo.	102
5.8.5.	Porcentaje de Absorción en 24 horas.	102
5.8.6.	Peso Volumétrico.	102
5.8.7.	Resistencia a la Compresión.	103
5.9.	Interpretación de Resultados	105

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
6.1. Conclusiones	- 110 -
6.2. Recomendaciones	- 112 -
BIBLIOGRAFÍA	I
ANEXOS.....	II
Anexo 1 Fotografías correspondiente a los Laboratorios realizados.	III
Anexo 2 Fábricas Estudiadas – Datos Recopilados de Laboratorio	X
Anexo 3 Tablas utilizadas para la clasificación de suelo.....	XXX

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones de Los Ladrillos	9
Tabla 2 Cronograma de Vistas a los Tejares	33
Tabla 3 Datos Recolectados de las vistas a los Tejares.....	37
Tabla 4 Datos de materiales que usan los tejares	38
Tabla 5 Dimensión del área de cada tejar	39
Tabla 6 Horario de Producción de cada tejar.....	41
Tabla 7 Tiempo de humidificación de cada tejar	43
Tabla 8 Tiempo de Curado de cada tejar	45
Tabla 9 Tiempos de Cocción de cada Tejar.....	46
Tabla 10 Datos de Interés	50
Tabla 11 Cantidad de Personal	51
Tabla 12 Contenido de humedad, Fábrica San Carlos.....	54
Tabla 13 Análisis Granulométrico, Fábrica San Carlos.....	55
Tabla 15 Limite Líquido, Fábrica San Carlos	57
Tabla 15 Limite Plástico, Fábrica San Carlos	58
Tabla 16 Índice de Plasticidad, Fábrica San Carlos	59
Tabla 17 Clasificación de Suelos, Fábrica San Carlos.....	61
Tabla 18 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Fábrica San Carlos	61
Tabla 19 Peso Volumétrico, Fábrica San Carlos.....	62
Tabla 20 Resistencia a Compresión, Fábrica San Carlos	64
Tabla 21 Contenido de Humedad, Ladrillera Santa Rosa.....	66
Tabla 22 Análisis Granulométrico, Ladrillera Santa Rosa.....	66
Tabla 23 Limite Liquido, Ladrillera Santa Rosa	67
Tabla 24 Limite Plástico, Ladrillera Santa Rosa	68
Tabla 25 Índice de Plasticidad, Ladrillera Santa Rosa	68
Tabla 26 Clasificación de Suelo, Ladrillera Santa Rosa	69
Tabla 27 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Ladrillera Santa Rosa.....	69
Tabla 28 Peso Volumétrico, Ladrillera Santa Rosa	70
Tabla 29 Resistencia a Compresión, Ladrillera Santa Rosa	70
Tabla 30 Contenido Humedad, Plantel Los Flores.....	71

Tabla 31 Análisis Granulométrico, Plantel Los Flores	72
Tabla 32 Limite Liquido, Plantel Los Flores.....	73
Tabla 33 Limite Plástico, Plantel Los Flores.....	73
Tabla 34 Índice de Plasticidad, Plantel Los Flores.....	73
Tabla 35 Clasificación de Suelo, Plantel Los Flores	74
Tabla 36 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Plantel Los Flores	75
Tabla 37 Peso Volumétrico, Plantel Los Flores	75
Tabla 38 Resistencia a Compresión, Plantel Los Flores.....	75
Tabla 39 Contenido de Humedad, Plantel San Francisco	77
Tabla 40 Análisis Granulométrico, Plantel San Francisco	77
Tabla 41 Limite Liquido, Plantel San Francisco.....	78
Tabla 42 Limite Plástico, Plantel San Francisco.....	79
Tabla 43 Índice de Plasticidad, Plantel San Francisco.....	79
Tabla 44 Clasificación de Suelo, Plantel San Francisco.....	80
Tabla 45 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Plantel San Francisco.....	80
Tabla 46 Peso Volumétrico, Plantel San Francisco	80
Tabla 47 Resistencia a la Compresión, Plantel San Francisco	81
Tabla 48 Contenido de Humedad, Plantel Los Reyes.....	82
Tabla 49 Análisis Granulométrico, Plantel Los Reyes.....	83
Tabla 50 Limite Liquido, Plantel Los Reyes	84
Tabla 51 Limite Plástico, Plantel Los Reyes	84
Tabla 52 Índice de Plasticidad, Plantel Los reyes	84
Tabla 53 Clasificación de Suelo, Plantel Los Reyes.....	85
Tabla 54 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Plantel Los Reyes	86
Tabla 55 Peso Volumétrico, Plantel Los Reyes.....	86
Tabla 56 Resistencia a Compresión, Plantel Los Reyes	86
Tabla 57Contenido de Humedad, Plantel Los García	88
Tabla 58 Análisis Granulométrico, Plantel Los García	88
Tabla 59 Limite Liquido, Plantel Los Flores.....	89
Tabla 60 Limite Plástico, Plantel Los García.....	90
Tabla 61Indice de Plasticidad, Plantel Los García.....	90

Tabla 62 Clasificación de Suelo, Plantel Los García	91
Tabla 63 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Plantel Los García.....	91
Tabla 64 Peso Volumétrico, Plantel Los García	92
Tabla 65 Resistencia a Compresión, Plantel Los García.....	92
Tabla 66 Contenido de Humedad, Tejar Juan Gómez	93
Tabla 67 Análisis Granulométrico, Tejar Juan Gómez	94
Tabla 68 Limite Liquido, Tejar Juan Gómez.....	95
Tabla 69 Limite Plástico, Tejar Juan Gómez.....	95
Tabla 70 Índice de Plasticidad, Tejar Juan Gómez.....	95
Tabla 71 Clasificación de Suelo, Tejar Juan Gómez	96
Tabla 72 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Tejar Juan Gómez.....	97
Tabla 73 Peso Volumétrico, Tejar Juan Gómez	97
Tabla 74 Resistencia a Compresión, Tejar Juan Gómez.....	97
Tabla 75 Contenido de Humedad, Tejar Cabo de Hornos.....	99
Tabla 76 Análisis Granulométrico, Tejar Cabo de Hornos	99
Tabla 77 Limite Liquido, Tejar Cabo de Hornos	100
Tabla 78 Limite Plástico, Tejar Cabo de Hornos	101
Tabla 79 Índice de Plasticidad, Tejar Cabo de Horno	101
Tabla 80 Análisis Granulométrico, Tejar Cabo de Hornos.....	102
Tabla 81 Porcentaje de Absorción en 24 Horas, Tejar Cabo de Hornos	102
Tabla 82 Peso Volumétrico, Tejar Juan Gómez	103
Tabla 83 Resistencia a Compresión, Tejar Cabo de Hornos	103
Tabla 84 Resumen de Resultados Obtenidos de Limites de Atterberg	105
Tabla 85 Resumen de Resultados Obtenidos de Clasificación de Suelo	106
Tabla 86 Resumen de Resultados Obtenidos	107
Tabla 87 Ensayo 2 de Granulometría, Fábrica San Carlos	X
Tabla 88 Ensayo 2 de Limite Liquido, Fábrica San Carlos	XI
Tabla 89 Ensayo 2 de Limite Plástico, Fábrica San Carlos	XI
Tabla 90 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Fábrica San Carlos.....	XI
Tabla 91 Ensayo 2 de Granulometría, Ladrillera Santa Rosa	XII
Tabla 92 Ensayo 2 de Limite Liquido, Ladrillera Santa Rosa.....	XIII

Tabla 93 Ensayo 2 de Limite Plástico, Ladrillera Santa Rosa.....	XIV
Tabla 94 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Ladrillera Santa Rosa	XIV
Tabla 95 Ensayo 2 de Granulometría, Plantel Los Flores	XV
Tabla 96 Ensayo 2 Limite Liquido, Plantel Los Flores.....	XVI
Tabla 97 Ensayo 2 de Limite Plástico, Plantel Los Flores	XVI
Tabla 98 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Plantel Los Flores.....	XVI
Tabla 99 Ensayo 2 de Granulometría, Plantel San Francisco	XVII
Tabla 100 Ensayo 2 de limite Liquido, Plantel San Francisco	XVIII
Tabla 101 Ensayo 2 de Limite Plástico, Plantel San Francisco	XIX
Tabla 102 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Plantel San Francisco.....	XIX
Tabla 103 Ensayo 2 de Granulometría, Plantel Los Reyes	XX
Tabla 104 Ensayo 2 de Limite Liquido, Plantel Los Reyes.....	XXI
Tabla 105 Ensayo 2 de Limite Liquido, Plantel Los Reyes.....	XXI
Tabla 106 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Plantel Los Reyes	XXI
Tabla 107 Ensayo 2 de Granulometría, Plantel Los García	XXII
Tabla 108 Ensayo 2 de Limite Liquido, Plante Los García.....	XXIII
Tabla 109 Ensayo 2 de Limite Plástico, Plantel Los García.....	XXIV
Tabla 110 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Plantel Los García.....	XXIV
Tabla 111 Ensayo 2 de Granulometría, Tejar Juan Gómez	XXV
Tabla 112 Ensayo 2 de Limite Liquido, Tejar Juan Gómez	XXVI
Tabla 113 Ensayo 2 de Limite Plástico, Tejar Juan Gómez	XXVI
Tabla 114 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Tejar Juan Gómez.....	XXVI
Tabla 115 Ensayo 2 de Granulometría, Tejar Cabo de Hornos.....	XXVII
Tabla 116 Ensayo 2 de Limite Liquido, Tejar Cabo de Hornos.....	XXVIII
Tabla 117 Ensayo 2 de Limite Plástico, Tejar Juan Gómez	XXIX
Tabla 118 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Tejar Cabo de Hornos	XXIX

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfico 1 Curva Granulométrica A, Fabrica San Carlos	56
Gráfico 2 Curva de Fluidez A, Fábrica San Carlos	58
Gráfico 3 Curva Granulométrica A, Ladrillera Santa Rosa	67
Gráfico 4 Curva de Fluidez A, Ladrillera Santa Rosa	68
Gráfico 5 Curva Granulométrica A, Ladrillera Santa Rosa	72
Gráfico 6 Curva de Fluidez A, Plantel Los Flores	74
Gráfico 7 Curva Granulométrica A, Plantel San Francisco	78
Gráfico 8 Curva de Fluidez A, Plantel San Francisco	79
Gráfico 9 Curva Granulométrica A, Plantel Los Reyes	83
Gráfico 10 Curva de Fluidez A, Plantel Los Reyes	85
Gráfico 11 Curva Granulométrica A, Plantel Los García	89
Gráfico 12 Curva de Fluidez A, Plantel Los García	90
Gráfico 13 Curva Granulométrica A, Tejar Juan Gómez	94
Gráfico 14 Curva de Fluidez A, Tejar Juan Gómez	96
Gráfico 15 Curva Granulométrica A, Tejar Cabo de Hornos.....	100
Gráfico 16 Curva de Fluidez A, Tejar Cabo de Horno	101
Gráfico 17 Resultados Obtenidos de cada fabrica estudiada	108
Gráfico 18 Curva Granulométrica B, Fabrica San Carlos	X
Gráfico 19 Curva de Fluidez B, Fábrica San Carlos	XII
Gráfico 20 Curva Granulométrica B, Ladrillera Santa Rosa	XIII
Gráfico 21 Curva de Fluidez B, Ladrillera Santa Rosa	XIV
Gráfico 22 Curva de Granulométrica B, Plantel Los Flores	XV
Gráfico 23 Curva de Fluidez B, Plantel Los Flores	XVII
Gráfico 24 Curva Granulométrica B, Plantel San Francisco	XVIII
Gráfico 25 Curva de Fluidez B, Plantel San Francisco	XIX
Gráfico 26 Curva Granulométrica B, Plantel Los Reyes	XX
Gráfico 27 Curva de Fluidez B, Plantel Los Reyes	XXII
Gráfico 28 Curva Granulométrica B, Plantel Los García	XXIII
Gráfico 29 Curva de Fluidez B, Plantel Los García	XXIV
Gráfico 30 Curva Granulométrica B, Tejar Juan Gómez	XXV

Gráfico 31 Curva de Fluidez B, Tejar Juan Gómez	XXVII
Gráfico 32 Curva Granulométrica B, Tejar Cabo de Hornos.....	XXVIII
Gráfico 33 Curva de Fluidez B, Tejar Cabo de Hornos.....	XXIX

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de un Ladrillo Común	9
Figura 2 Ladrillo Cocido de Arcilla.....	10
Figura 3 Ladrillo de Tierra Perforado.....	10
Figura 4 Ladrillo hueco de arcilla.....	11
Figura 5 Ladrillo de adobe.....	11
Figura 6 Ladrillo decorativo	12
Figura 7 Ladrillo para piso.....	12
Figura 8 Ladrillo refractario de arcilla	13
Figura 9 Limites de Atterberg	20
Figura 10 Carta de plasticidad	22
Figura 11 Valores máximo de absorción	26
Figura 12 Mapa de Macro localización, Departamento de Leon, Nicaragua.....	30
Figura 13 Mapa de Micro localización del Municipio de La Paz Centro	31
Figura 14 Mapa de Ubicación de los Tejares	38
Figura 15 Área de trabajo en Plantel San Francisco	40
Figura 16 Área de trabajo en Ladrillera Santa Rosa.....	40
Figura 17 Área de trabajo de Tejar Juan Gómez.....	40
Figura 18 Área de Trabajo de Tejar Cabo de Hornos.....	41
Figura 19 Pileta donde se realiza el proceso de Humidificación	43
Figura 20 Molde de Madera "Gradilla".....	44
Figura 21 Elaboración de Bloque de Arcilla.....	44
Figura 22 Proceso de Secado de Los Ladrillos de Arcilla.....	45
Figura 23 Horno artesanal de Plantel Los Flores	46
Figura 24 Horno artesanal Plantel San Francisco	46
Figura 25 Horno artesanal de la Fábrica San Carlos.....	47
Figura 26 Horno artesanal de Tejar Juan Gómez.....	47
Figura 27 Horno artesanal de Plantel Los Reyes	48
Figura 28 Horno artesanal de Tejar Cabo de Hornos	48
Figura 29 Forma de Apilamiento de los Ladrillos de Arcilla	49
Figura 30 Taras para ensayo de Contenido de Humedad	III

Figura 31 Instrumentos para ensayo de Granulometría	III
Figura 32 Material Seco tamizado para ensayo de Límites de Atterberg.....	III
Figura 33 Material Tamizado.....	IV
Figura 34 Instrumentos para ensayo de Límites de Atterberg	IV
Figura 35 Ensayo para Límite Líquido	V
Figura 36 Aparato Arturo Casagrande	V
Figura 37 Ensayo para Límite Plástico	VI
Figura 38 Muestras luego de 24 horas en el horno	VI
Figura 39 Comprar de Ladrillos	VII
Figura 40 Descarga de Ladrillos de Arcilla	VII
Figura 41 Ensayo de Porcentaje de Absorción.....	VIII
Figura 42 Peso de Ladrillo sumergido en balanza Hidrostática	VIII
Figura 43 Ladrillos Sacado luego de 24 horas en sumersión	IX
Figura 44 Ensayo de Ladrillo a Resistencia a la Compresión.....	IX
Figura 45 Sistema Unificado de Clasificación de Suelo, SUCS.....	XXX
Figura 46 Clasificación de Suelo según AASHTO	XXXI

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Contenido de Humedad	18
Ecuación 2 Porcentaje de Retenido Parcial	20
Ecuación 3 Porcentaje Retenido Acumulado	20
Ecuación 4 Porcentaje Que Pasa	20
Ecuación 5 Índice de Plasticidad.....	23
Ecuación 6 Índice de Grupo.....	24
Ecuación 7 Peso Volumétrico	25
Ecuación 8 Porcentaje de Absorción.....	26

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

La actividad artesanal de Fabricación de ladrillo de barro en Nicaragua data de hace muchas décadas y aún permanece sin variaciones en la elaboración y confección de sus productos. El ladrillo es una pieza de cerámica o arcilla, generalmente rectangular, cocida a más de 1000°C. Es esa exposición a altas temperaturas durante su Fabricación, la que le proporciona resistencia y facultades aislantes, tanto térmicas como acústicas.

Los ladrillos de arcilla de La Paz Centro, populares para la construcción de viviendas y pozos de absorción. La Paz Centro tiene la reputación de ser la meca por excelencia de la cerámica artesanal. Además de ser relativamente económico, el ladrillo cuenta con múltiples posibilidades de uso y aplicaciones tanto arquitectónicas como de ingeniería, desde vigas, paredes, dinteles y muros hasta ladrillos para piso.

El ladrillo común ha sido adoptado como una de las herramientas necesarias en la gran mayoría de las construcciones nacionales, y su aplicación no se reduce a la de simple cerramiento, sino que cumple también una función estructural en la edificación.

Su proceso de producción se puede describir con las siguientes etapas: Extracción, Homogeneización, Moldeado, Curado, Secado, Cocción, Almacenamiento y Distribución. El municipio de La Paz Centro cuenta con más de 50 tejares y unas 30 ladrilleras inscritas actualmente en la alcaldía de la localidad.

Estas fábricas artesanales no cuentan con alguna normativa que regule su proceso de producción, ya que su desarrollo y técnicas son transmitidas de generación a generación de manera empírica; sin embargo, si existen regulaciones para la resistencia de ladrillos utilizados en construcción.

El trabajo consiste en un muestreo exploratorio con visitas a las zonas, el proceso de Fabricación desde la extracción de la materia prima hasta la cocción de las unidades. Así como un estudio de las propiedades físico mecánicas de estos ladrillos Fabricados con procedimientos predominantemente manuales, mediante ensayos de laboratorio. Para los valores referentes del producto final se tomaron muestras de las unidades elaboradas y se realizaron los ensayos que establece la Norma MP-001: Norma mínima de diseño y construcción de mampostería.

1.1. Antecedentes

Los orígenes del ladrillo se remontan a hace más de 10 mil años. Desde entonces, evolucionó adaptándose a las necesidades de cada época, hasta llegar a nuestros días. Producto que se obtiene a través de cocción, comúnmente conocidos como cerámica, el cual está morfológicamente definido como un paralelepípedo rectangular, manufacturado con una mezcla porosa.

La materia prima principal utilizada para la producción de ladrillos es la arcilla, la cual está constituida estructuralmente en base a sílice, alúmina y agua, y además cantidades variables de hierro y otros materiales alcalinos. Debido a esta característica, es que la arcilla, que en estado seco presenta un aspecto terroso, hidratada adquiere la plasticidad necesaria para ser moldeada.

Actualmente en La Paz Centro existen aproximadamente 30 fábricas artesanales, las cuales elaboran ladrillos para la construcción. Estas utilizan un proceso de cocción en la elaboración de estos ladrillos, la cual se le conoce como quemado. En éste se utilizan como fuente de combustible: leña y el aserrín, entre otros materiales como llantas y carbón, sin embargo, en la actualidad no existe un estudio por parte de la Alcaldía o cualquier otro tipo de institución.

En Nicaragua aún no se ha encontrado un estudio científico o normas que incluyan el significado, característica y propiedades de este mampuesto, sin embargo, en varios países de Suramérica como Perú, Ecuador, Bolivia, entre otros, se lleva años investigando la construcción con tierra en áreas sísmicas.

En el año 2006 se publica el Reglamento Nacional de Edificaciones Cap. III.2sub índice EO.80 en donde se establecen las normas legales para edificaciones de adobe para Perú, desde las definiciones hasta el tipo de cimientos que debe contener la estructura

de acuerdo a su ubicación geográfica este último expresa el tipo y uso de suelo principal en cada zona del país.

También en el año 2007 fue presentado en la escuela universitaria de Postgrado de la Universidad Nacional Federico Villareal de Perú el Estudio sobre diseño sísmico en Construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres elaborado por el Ing. Víctor Antonio Zelaya Jara (Zelaya Jara, 2007), como requisito para optar el título de Maestría en gerencia de la construcción moderna.

En Argentina se encuentra que en la escuela Universitaria Nacional de Córdoba (UNC) se presentó, en relación con la Sociedad Ambiental, el estudio sobre las ventajas de la construcción de muros con adobes - ladrillos de tierra cruda, respecto al consumo de agua para la producción de estos.

En nuestro país, son pocos los estudios y escritos dedicados a los ladrillos de arcilla de Fabricación artesanal, son mayormente estudiados los bloques de concreto de Fabricación industrial. Sin embargo, se encontró la siguiente referencia:

Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de ladrillos de arcilla de fábricas artesanales colindantes a la carretera Nueva León, municipio La Paz Centro, departamento de León. (Artola González, Diana Carolina & Valladares Araica, Samantha Gabriela, 2021). Tesis correspondiente a la Universidad Nacional de Ingeniería. Dónde se estudió la materia prima y mampuestos de cinco fábricas: El Manguito, El Carmen, San Pablo, El Socorro y San Lucas; siendo el punto de partida para futuras investigaciones.

1.2. Justificación

Durante los últimos años el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), ha disminuido la utilización del ladrillo para realizar las construcciones en la ciudad y ha adoptado otras piezas sustitutas, tales como el bloque, piedra cantera, losetas, entre otros, razón por la cual el ladrillo de arcilla ha sido desplazado como principal material de construcción y es utilizado en su gran mayoría en las zonas rurales del país o en construcciones de aspecto rústico como fachada.

El presente estudio surge con la finalidad de obtener conocimiento e información actualizados acerca de los procesos de producción artesanal de los ladrillos de arcilla, así de como de las propiedades físico-mecánicas de los mismos, en el Municipio La Paz Centro, departamento de León.

Con esta investigación se pretende beneficiar directamente a los artesanos productores de ladrillos de arcilla en este municipio de manera que los resultados obtenidos en este estudio puedan servir como un puente entre los talleres y las instituciones que se dedican a la construcción y que el beneficio vaya acorde a las necesidades de estas ladrilleras.

De igual manera se quiere dar a conocer la importancia que tiene la ejecución del proceso de Fabricación estándar de los ladrillos de arcilla en este municipio del país.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Estudiar los procesos de Fabricación artesanal y propiedades físico-mecánicas de unidades de ladrillos de arcilla elaborados en ocho fábricas en el Municipio La Paz Centro, Departamento de León.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Observar y analizar los procesos de Fabricación artesanal de ladrillo de arcilla en ocho fábricas de estudio, Municipio La Paz Centro, Departamento de León.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal producido en cada fábrica de estudio a través de pruebas de laboratorio.
- Analizar y comparar el comportamiento físico mecánico del ladrillo artesanal producido en cada fábrica de estudio, de acuerdo con la Norma MP-001: Norma Mínima de diseño y construcción de mampostería.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Ladrillos de arcilla

Ladrillo es un término que se refiere a una pequeña unidad utilizada como material de construcción. Estos a menudo se hacen con arcilla cocida, generalmente rectangular, cocida a más de 1000°C. Es esa exposición a altas temperaturas durante su fabricación, la que le proporciona resistencia y facultades aislantes, tanto térmicas como acústicas.

Los ladrillos son el mejor material posible para estructuras en espacios confinados, edificios, así como diseños curvos, con muy poco mantenimiento, y que generalmente duran mucho tiempo. Al ser de 4 pulgadas de ancho y 8 pulgadas de largo, los ladrillos se hacen dos veces más largos que el ancho. Como estas son unidades pequeñas, realmente no hay muchas limitaciones; se puede construir fácilmente una serie de estructuras utilizando ladrillos.

2.2. Características del ladrillo

Es conveniente y deseable utilizar ladrillos de la mejor calidad en todas las construcciones. Por lo tanto, las Características de un buen ladrillo deben ser identificadas. Generalmente buenos ladrillos poseen las siguientes características:

- Los ladrillos deben ser uniformes en color, tamaño y forma.
- El tamaño estándar del ladrillo debe mantenerse.
- Deben ser sólidos y compactos.
- Deben estar libres de grietas y otros defectos como burbujas de aire, nódulos de piedra, etc. con bordes agudos y cuadrados.
- El ladrillo no debe cambiar de volumen cuando se moja.
- Los ladrillos no deben ser demasiado quemados ni excesivamente maltratados.
- La conductividad térmica de los ladrillos debe ser baja, ya que es deseable que el edificio construido con ellos sea fresco en verano y cálido en invierno.
- Los ladrillos deben ser a prueba de sonido.

- Los ladrillos deben ser no inflamables e incombustibles.
- Los ladrillos deben estar libres de puntos de arcilla.
- Solidez. Cuando se golpea con un martillo o con otro ladrillo, debe producir un sonido metálico.
- Dureza. Al raspar con los dedos no debe producir ninguna impresión en el ladrillo.

2.3. Partes y dimensiones del ladrillo

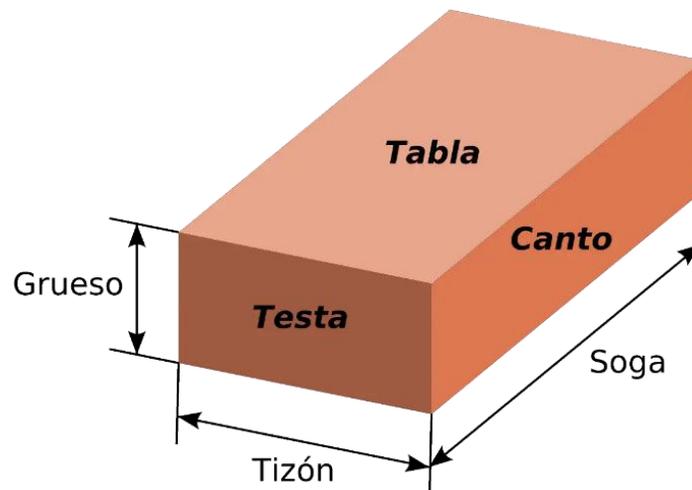
Los ladrillos estándar tienen las siguientes dimensiones:

Tabla 1 Dimensiones de Los Ladrillos

Largo / Soga	12 pulgadas	30 centímetros
Ancho / Tizón	6 pulgadas	15 centímetros
Espesor / Grueso	2.75 pulgadas	7 centímetros
Unidades por metro cuadrado	40 unidades	

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 1 Partes de un Ladrillo Común



Fuente: <https://www.arquitecturapura.com/construccion/ladrillo-5884/>

2.4. Tipos de ladrillos y sus Usos

Ladrillo Cocido de arcilla: Es el más común de todos. Su uso está muy diversificado en el ramo de la construcción. Se elabora de forma totalmente artesanal y carece de agujeros.

Figura 2 Ladrillo Cocido de Arcilla



Fuente: MN delgolfo reportajes

Ladrillo de tierra perforado: Los agujeros en su superficie permiten el ingreso del mortero o concreto fortaleciendo la construcción, por lo que permiten la construcción de edificaciones más resistentes.

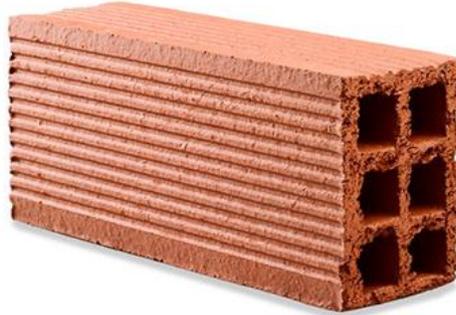
Figura 3 Ladrillo de Tierra Perforado



Fuente: MN delgolfo reportajes

Ladrillo hueco: Estos ladrillos tienen perforaciones horizontales. Sus huecos brindan ligereza, por lo que reducen la carga.

Figura 4 Ladrillo hueco de arcilla



Fuente: MN delgolfo reportajes

Adobe: Este material, es usado en construcciones de tipo rústico. A diferencia del ladrillo cocido de arcilla, éste se seca completamente al sol, por lo que sus cualidades térmicas son mayores. Sin embargo, por su poca resistencia, no es recomendable para construcción de viviendas. Como ventaja, se puede resaltar su bajo costo.

Figura 5 Ladrillo de adobe



Fuente: MN delgolfo reportajes

Ladrillos Decorativos: Carecen de poros, por lo que son muy resistentes al agua y bajas temperaturas. Tiene excepcionales cualidades estéticas para usarse tanto interiores como exteriores, generalmente se utiliza para fachadas. O con sus bordes irregulares, proporcionan originalidad y un acabado rústico tanto a interiores como exteriores.

Figura 6 Ladrillo decorativo



Fuente: MN delgolfo reportajes.

Ladrillo para piso: Soportan tráfico intenso, por lo que son muy utilizados en patios, terrazas, jardines y plazas públicas. Podemos encontrarlos en distintos diseños y acabados, los cuales, al combinarse, crean ambientes acogedores y únicos.

Figura 7 Ladrillo para piso



Fuente: MN delgolfo reportajes

Ladrillo refractario: Su textura es lisa y homogénea. Se utiliza por lo regular para áreas que estarán sometidas constantemente a las altas temperaturas. Como asadores, hornos y chimeneas.

Figura 8 Ladrillo refractario de arcilla



Fuente: MN delgolfo reportajes

2.5. Fábricas de Ladrillos artesanales

Los artesanos ladrilleros poseen buenos conocimientos del trabajo que realizan y desarrollan sus actividades con mucho esfuerzo y dedicación bajo una serie de procedimientos que se deben conocer y respetar. Sus conocimientos deben ser aprovechados y mejorados combinándolos con nuevas y mejores técnicas.

La actividad de Fabricación de ladrillos está ampliamente distribuida a nivel municipal. Estas fábricas presentan un alto grado de informalidad y utilizan técnicas artesanales para la Fabricación de sus productos. La planta de Fabricación está representada básicamente por el horno y un espacio de terreno como área de trabajo.

Las ladrilleras artesanales emplean hornos fijos de fuego directo, techo abierto y tiro ascendente para la cocción también denominada quemado o simplemente quema de ladrillos.

Las paredes de estos hornos no proveen un buen aislamiento porque son delgadas, y en su geometría tienden a tener una gran área horizontal de cocción; características que les restan eficiencia tanto en velocidad de cocción como en calidad de producto sobre todo cuando se usan combustibles sólidos como el carbón; lo cual compensan

los artesanos con el uso de combustibles altamente contaminantes pero de bajo precio y alto poder calorífico como llantas usadas, plásticos y aceite quemado de vehículos.

Los hornos empleados para el quemado o cocción de los ladrillos son artesanales del tipo de fuego directo en cuyo interior el combustible está en contacto directo con los ladrillos crudos. No se hace ningún tipo de control de la temperatura ni de las emisiones contaminantes generadas.

2.6. Procesos de Fabricación artesanal de ladrillo de arcilla.

2.6.1. Extracción

La extracción de Arcilla y Tierra Arenosa se puede realizar en lugares alejados de la zona de producción o en la misma zona de producción. El procedimiento de extracción para los ladrilleros artesanales es por excavación manual de depósitos o yacimientos de los materiales. El material tal como es extraído se carga en camiones y se transporta a la zona donde están los hornos de cocción.

2.6.2. Homogeneización

La mezcla a mano se realiza con ayuda de una pala, se prepara en las fosas de mezclado, una premezcla de arcilla y arena humedecidas amasando con manos y pies hasta que desaparezcan los terrones más grandes de arcilla. Algunos artesanos añaden otros agregados que pueden ser aserrín, cáscara de arroz o de café o cenizas. Se deja reposar esta masa hasta el día siguiente para que los terrones más pequeños se deshagan, la mezcla se vuelva consistente y adquiera la textura requerida para el moldeado o labranza. Las impurezas de la arcilla y tierra como raíces de plantas, restos de arbustos y piedras son separadas manualmente.

La materia prima no es sometida a molienda para control granulométrico. La dosificación y características finales de la mezcla son definidas en base a su consistencia según la experiencia, necesidades o disponibilidad de materiales de cada artesano.

2.6.3. Moldeado

El material mezclado se moldea para darle la forma de ladrillo requerido, esto se efectúa a mano utilizando moldes dobles o triples. Durante el moldeo se coloca suficiente material dentro del cajón hasta que esta se encuentre completamente llena y esté bien compactada. Utilizando una tablilla o las manos se retira el exceso de barro en la parte superior.

Se utilizan moldes metálicos o de madera, conocidos gradillas, están hechos de madera y están formados por cuatro caras exteriores y una división central entre los dos ladrillos, estos no tienen tapa ni fondo. Los moldes no tienen tamaños específicos, sino estándares, las dimensiones difieren algunos centímetros de un artesano a otro y de una región a otra.

2.6.4. Curado

El curado es un proceso que consiste en mantener en un ambiente húmedo la capa exterior de las piezas después de unas horas del moldeo, se pasan las manos o una esponja húmeda con el fin de emparejar y eliminar cualquier imperfección.

2.6.5. Secado

Este dura aproximadamente 24 horas, dependerá mucho del clima. Los ladrillos crudos recién moldeados se depositan en canchas de secado o tendales, que son espacios de terreno plano habilitados para este fin generalmente lo más cerca posible a la zona de moldeo.

Los ladrillos se secan aprovechando la acción natural del sol y el viento. Cuando llueve y no están bajo sombra, se cubren con mantas de plástico para protegerlos, aunque esto no siempre evita que se dañen por lo que es más recomendable construir cobertizos techados para el secado.

El secado se realiza hasta que el ladrillo crudo pierde aproximadamente un 13% de humedad y queda listo para ser cargado al horno; el período de secado depende del clima y puede variar entre cinco a siete días en promedio. A partir del tercer o cuarto día se van girando las caras expuestas para un secado parejo, raspando en cada giro las partes que estaban en contacto con el suelo a fin de desprender la tierra o polvo que podrían haber capturado.

En la etapa final del secado, se van colocando los ladrillos de canto uno encima de otro formando pequeñas torres de un ladrillo por lado y de aproximadamente 1m a 1,20m de alto.

2.6.6. Carga del horno

Una vez seco se carga un horno. La carga y armado del horno se realiza en jornadas de uno a más días dependiendo del tamaño y capacidad del horno.

2.6.7. Cocción

La cocción se realiza en los hornos ladrilleros. Se hornea alrededor de 4 horas a temperaturas que oscilan los 900 a 1000 grados Centígrados.

El horneado o quemado es una operación netamente artesanal que los horneros van ajustando según los resultados que se van obteniendo. Los canales de encendido están contruidos a la altura del piso, atraviesan el horno de lado a lado y sus ventanas o bocas están en los lados de mayor longitud. La cocción tiene dos partes bien diferenciadas: El Encendido y la Quema propiamente dicha.

➤ El Encendido.

El objetivo es hacer prender la parte superior del horno a fin de que éstas a su vez generen suficiente calor para encender el resto.

Para iniciar el fuego se utilizan llantas, plásticos y en el mejor de los casos paja, viruta de madera y leña de eucalipto o algarrobo. Cabe mencionar que algunos grupos de ladrilleros han dejado de utilizar llantas o plásticos y actualmente para el encendido solo utilizan leña a veces remojando ligeramente los trozos iniciales con kerosén.

➤ **La Quema.**

Consiste en lograr que el fuego vaya ascendiendo en forma homogénea a través de las sucesivas capas horizontales de ladrillos encendiendo las respectivas capas de inflamables hasta su agotamiento en las capas superiores con lo que se completa la cocción de toda la carga.

El proceso de cocción se inicia cuando ha prendido totalmente en este momento se empieza a sellar el horno tapándolo casi totalmente, dejando pequeñas aberturas en las esquinas superiores para observar el avance. A partir de este momento solo se trata de mantener el fuego encendido.

2.6.8. Descarga del Horno

Una vez que el fuego ha llegado al extremo superior y se ha consumido todo el inflamable, se van abriendo poco a poco las ventilaciones del horno para dejar enfriar lo cual puede durar de uno a dos días. El enfriamiento es de abajo hacia arriba por efecto de las mismas corrientes de aire que han contribuido a la combustión.

Antes de proceder con la descarga se espera que el horno se enfríe. En épocas de alta demanda los ladrillos se empiezan a descargar cuando todavía están calientes sin esperar el período de enfriamiento normal.

2.6.9. Almacenamiento y Distribución

Los ladrillos se descargan y se apilan en los alrededores del horno clasificándolos según el resultado de la cocción:

- Bien cocidos (coloración rojiza intensa y sonido metálico a la percusión, son duros y presentan el grano fino y compacto en su fractura, sus aristas deben ser duras y la superficie lisa y regular).
- Medianamente cocidos o “bayos” (color menos rojizo).
- Crudos o no cocidos. Estos se tienen que volver a cocer.

Los ladrillos se almacenan en bodegas o ranchos destinadas para este fin. El mercado principal de los productores de ladrillo artesanal está en la actividad de construcción de viviendas particulares, empresas constructoras, para obras privadas o públicas.

2.7. Propiedades del material

2.7.1. Contenido de Humedad

El contenido de humedad del suelo o del ladrillo, se define como la cantidad de agua existente al momento de llevar a cabo el ensayo, relacionando al peso sólido o peso seco. El contenido de humedad esta normado por la ASTM D2216 y se encuentra con la ayuda de la siguiente ecuación.

$$\%W = \frac{w_h - w_s}{w_s}$$

Ecuación 1 Contenido de Humedad

Donde:

%W= Porcentaje de Humedad

W_h= Peso de la muestra húmeda

W_s= peso de la muestra seca

2.7.2. Análisis Granulométrico

La granulometría permite conocer la medida de los granos de los sedimentos, es decir, la distribución de los tamaños de las partículas y esta se da por medio de tamices de abertura cuadrada, los tamices estándar ASTM tienen abertura que varían desde la malla No 10 hasta la No 200.

Mediante el análisis granulométrico se puede obtener información importante como: su origen, propiedades mecánicas y el cálculo de la abundancia de cada uno de los granos según su tamaño dentro de la escala granulométrica.

El análisis granulométrico se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca y se rige por la normativa ASTM D422.

➤ Análisis granulométrico con tamiz

Del análisis por tamices se obtienen los resultados de pesos parciales retenido en cada uno de ellos, después se calculan los porcentajes retenidos parciales, los porcentajes acumulativos y los porcentajes que pasan por cada tamiz.

Los resultados se muestran en forma gráfica, esta se efectúa por medio de la curva granulométrica, que es la curva de los porcentajes que pasan por cada tamiz, a partir de esta se puede deducir el tipo de suelo y los componentes eventuales. (ASTM D-422; AASHTO T 27-88)

Para obtener los distintos porcentajes utilizamos las siguientes formulas:

$$\%Ret. parcial = \frac{\text{peso retenido por cada tamiz}}{\text{peso total}} * 100$$

Ecuación 2 Porcentaje de Retenido Parcial

$$\%Ret Acumulado = \%RetAcum_i + \%Retp_{i+1}$$

Ecuación 3 Porcentaje Retenido Acumulado

$$\%Que pasa = 100 - \%Ret Acumulado$$

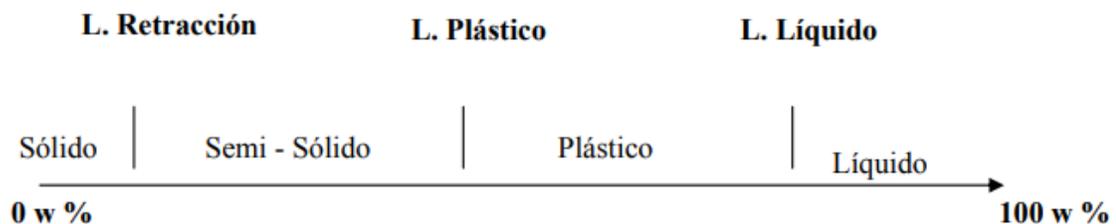
Ecuación 4 Porcentaje Que Pasa

2.7.3. Límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg o también llamados límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que contengan. Así, un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico y líquido o viscoso.

La arcilla, por ejemplo, si está seca se encuentra muy suelta o en terrones, añadiendo agua adquiere una consistencia similar a una pasta, y añadiendo más agua adquiere una consistencia fluida.

Figura 9 Límites de Atterberg



Fuente: upcommons.upc.edu

➤ Límite líquido

Se considera como la cantidad máxima de agua que puede contener un suelo sin pasar al estado líquido (fluido). Es el contenido de agua del suelo en el límite superior de su estado plástico. Este se determina midiendo la humedad y el número de golpes

necesarios para cerrar en una determinada longitud una ranura de un determinado ancho mediante un aparato normalizado conocido como aparato de Casagrande.

Para entender el significado del ensayo mediante el dispositivo desarrollado por Casagrande, se puede decir que, para golpes secos, la resistencia a la corte dinámica de los taludes de la ranura se agota, generándose una estructura de flujo que produce el deslizamiento. Existen dos métodos para la determinación del límite líquido: método A “prueba multipunto”, método B “prueba de un punto”. El método de múltiples puntos para límite líquido es más exacto que el método de un punto. (ASTM D4318-4)

Para el desarrollo del límite líquido se utiliza la ecuación (1) referente al contenido de humedad, donde se hacen tres ensayos para obtener los tres puntos y así poder graficar, para obtener el porcentaje de límite líquido.

➤ Límites de Atterberg.

Así, un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico y líquido o viscoso. Para obtener el límite líquido usamos el método de los tres puntos.

➤ Límite Plástico

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje, cuando comienza agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente (AASHTO T87-90).

Para obtener el límite plástico se hacen dos ensayos de la misma muestra y con ayuda de la ecuación 1, referente al contenido de humedad sacamos el promedio de ambos ensayos para obtener así el límite plástico (LP).

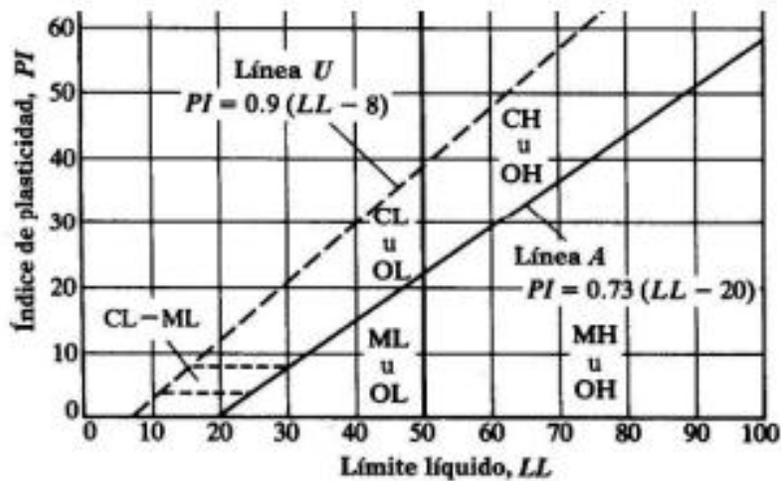
➤ Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad, que indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica, y el índice de liquidez, que indica la proximidad del suelo natural al límite líquido, son características especialmente útiles del suelo.

Cuando se determina el límite líquido y el plástico, se puede calcular un punto representativo de cada muestra de suelo representado en la carta de plasticidad de Casagrande, que básicamente representan la relación del límite líquido con el índice de plasticidad.

Gracias a diversos estudios Casagrande logró definir que los suelos con límite líquido mayor a 50, se consideran de alta plasticidad, es decir que admiten gran cantidad de agua y generalmente experimentan deformaciones plásticas importantes. (AASHTO T 90-87)

Figura 10 Carta de plasticidad



Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Braja M. Das

➤ Índice de Plasticidad

Para obtener el índice de plasticidad es de la siguiente forma.

$$IP = LL - LP$$

Ecuación 5 Índice de Plasticidad

Dónde:

IP: índice de Plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

Según Atterberg:

IP = 0 El suelo es no plástico.

IP = 7 El suelo presenta baja plasticidad.

$7 < IP \leq 17$ El suelo es medianamente plástico.

IP > 17 Altamente plástico.

Para proporcionar una representación adecuada de la plasticidad de una muestra de suelo se emplea la Carta de Plasticidad de Casagrande.

2.7.4. Métodos de Clasificación de Suelo

El sistema de clasificación de suelos AASHTO está basado en los mismos parámetros que el Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS).

En el sistema AASHTO, los suelos pueden clasificarse según ocho (8) grupos principales A-1 a A-8, en base a su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos de los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, mientras que los incluidos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino.

El grupo A-8, por su parte, incluye suelos como la turba, compostas orgánicas y otros suelos con alto contenido de materia orgánica, los cuales se identifican mediante inspección visual.

Los suelos cuyas partículas pasan el tamiz No. 200 (0,075 mm) en un porcentaje menor al 35 %, forman los Grupos A1, A2, A3 y los subgrupos que corresponden. En cambio, los suelos finos limo-arcillosos que contienen más del 35 % de material fino que pasa el Tamiz No. 200, constituyen los Grupos A-4, A-5, A-6, A-7 y los correspondientes subgrupos.

La ventaja de este método radica en la posibilidad de evaluar la calidad del suelo a través del “Índice de Grupo”. Los suelos que tienen similar comportamiento se encuentran en el mismo grupo y están representados por un determinado Índice.

Los índices de grupo de los materiales granulares están comprendidos entre 0 y 4, los correspondientes a suelos limosos entre 8 y 12, y los correspondientes a suelos arcillosos entre 11 y 20 o un número mayor.

$$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10)$$

Ecuación 6 Índice de Grupo

Dónde:

F = Porcentaje que pasa el tamiz No. 200

LL = Límite Líquido

IP = Índice de Plasticidad

El Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS) se basa en el sistema de clasificación desarrollado por Casagrande, los suelos de un sistema unificado se designan por un símbolo de dos letras, el primero se considera el principal componente de la tierra, y la segunda describe informaciones de la curva granulométrica o característica de plasticidad.

Si es menor del 50% del suelo pasa malla No.200, el suelo es de grano grueso, y la primera letra será G (grava) o S (arena). Si más del 50% pasa la malla No.200, el suelo es de grano fino y la primera letra será M (limo) o C (arcilla).

Arenas y gravas limpias (con menos del 5% que pasa la malla No.200): se les da una segunda letra P si están mal graduadas. Arenas y gravas con más del 12% en peso que pasa la malla No.200: se les da una segunda letra M si son limosos o C, si son arcillosos.

Arenas y gravas que tienen entre 5 y 12%: se dan clasificaciones duales como SP-SM. Limos, arcillas y suelos orgánicos se les da la segunda letra H o L para designar a la plasticidad de alta o baja. Las tablas utilizadas para la clasificación de suelo se encuentran en el Anexo 3.

2.8. Propiedades Físicas

2.8.1. Peso Volumétrico

El peso volumétrico es el peso de la masa del ladrillo por unidad de volumen, es una medida que relaciona al peso con el volumen que ocupa un material. Se puede expresar en diferentes unidades de medidas, dependiendo del sistema de medición por el cual se opte.

Para el peso volumétrico utilizamos la siguiente fórmula:

$$PV = \frac{W}{V}$$

Ecuación 7 Peso Volumétrico

Donde:

PV: Peso Volumétrico

W: Peso de la masa del ladrillo

V: Volumen del ladrillo

Este ensayo se realizó en base a la normativa NMX-C-404-ONNCCE.

2.8.2. Porcentaje de Absorción en 24 horas

Este es el incremento en la masa del ladrillo debido al agua en los poros del material sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas expresado como un porcentaje de la masa seca. Esta proporciona información acerca de cuánta agua puede absorber un mampuesto.

Para el porcentaje de absorción en 24 horas utilizamos la siguiente fórmula:

$$\%A = \frac{W_{SSS} - W_s}{W_{Sum}} * 100$$

Ecuación 8 Porcentaje de Absorción

Dónde:

%A: Porcentaje de Absorción

W_{SSS} : Peso Saturado Superficialmente Seco

W_s : Peso Seco

W_{sum} : Peso Sumergido

Figura 11 Valores máximo de absorción

TABLA 3.- Valores máximos de absorción inicial y absorción total de agua en 24 h

Tipo de material	Absorción inicial para muros expuestos al exterior (g/min)	Absorción inicial para muros interiores o con recubrimiento (g/min)	Absorción total en 24 h en porcentaje
Concreto	5	7,5	12
Arcilla artesanal	-	-	23
Arcilla extruida o prensada	5	7,5	19

Fuente: Norma mexicana NMX-C-037-ONNCCE.

2.9. Propiedades Mecánicas.

2.9.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con menor frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión, se emplean fundamentalmente para determinar que se cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada ($f'c$) para una estructura determinada.

Para realizar las verificaciones de resistencia establecidas en la Norma Mínima de Diseño y Construcción en Mampostería, se utilizará la resistencia a la compresión característica de la unidad, empleando el área neta de asiento.

La resistencia característica se determinará considerando la probabilidad de que sus valores sean alcanzados por el 90% de las piezas ensayadas. La resistencia específica o característica a la ruptura a compresión del ladrillo $f'u$ se obtendrá de una muestra representativa de 30 o más unidades.

La resistencia de los ladrillos se puede ver afectada por su composición, esto se refiere a los materiales que necesitan para su Fabricación, también por la preparación de la mezcla, otra de las razones que puede tener influencia en la resistencia de los ladrillos es la manera de moldeo y cuidado que se toma al secar los ladrillos crudos. El tipo de horno y el combustible utilizado, el proceso de quemado y enfriamiento tanto como el cuidado al momento de cargarlos o descargarlos también afectan su resistencia.

2.10. Propiedades Físicas y mecánicas del ladrillo de arcilla establecida en la Norma MP-001: Norma mínima de diseño y construcción de mampostería.

➤ Ladrillos de arcilla macizos

La resistencia específica o característica a la rotura a compresión del ladrillo $f'u$ se obtendrá de una muestra representativa compuesta de 30 o más unidades, empleando la siguiente expresión:

$$f'u = f_{um}(1 - 1,3 \delta_m) \quad (4.1)$$

$f'u$ Resistencia característica a la compresión del ladrillo de arcilla

f_{um} Promedio de los valores de las resistencias determinadas mediante los ensayos correspondientes.

δ_m Coeficiente de variación, cuyo valor se calculará mediante la siguiente expresión:

$$\delta_m = \frac{\sqrt{\frac{\sum(f_i - f_{um})^2}{n - 1}}}{f_{um}} \quad (4.2)$$

$\delta_m =$ Deberá ser mayor o igual a 0.12

$f_i =$ Es la resistencia individual de cada ladrillo

➤ Unidades sólidas de arcilla (artesanal)

Los bloques sólidos de arcilla deberán tener una resistencia característica a la compresión sobre el área neta no menor de 80 kg/cm^2 .(MP-001 Cap 4.1–4.2, 2017)

CAPITULO III: DISEÑO METODOLOGICO

3.1. Área de Estudio

3.1.1. Macro localización

El Municipio de la Paz Centro se localiza en el Departamento de León Nicaragua.

Figura 12 Mapa de Macro localización, Departamento de Leon, Nicaragua



Fuente: Webserver2, Ineter.

3.1.2. Micro localización

La Paz Centro está ubicado entre las coordenadas 12° 20' de latitud norte y 86° 40' de longitud oeste, con una extensión territorial de 606 km² Limita:

Al Norte: Municipio de Larreynaga.

Al Sur: Municipio de Nagarote.

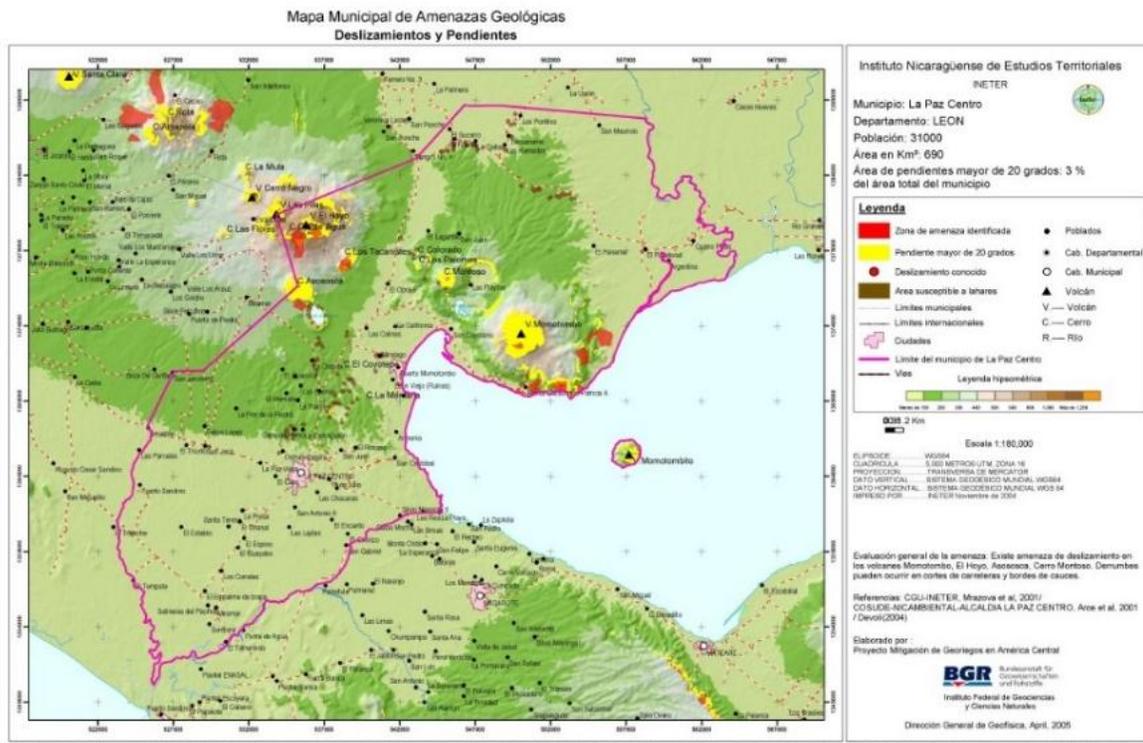
Al Este: Lago de Managua y municipio de El Jicaral.

Al Oeste: Municipio de León.

La topografía en un radio de 3 kilómetros de La Paz Centro contiene solamente variaciones modestas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 84 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 75 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene solamente variaciones modestas de altitud (881 metros). En un radio de 80 kilómetros contiene variaciones enormes de altitud (1,770 metros).

El área en un radio de 3 kilómetros de La Paz Centro está cubierta de tierra de cultivo (34 %), árboles (26 %), pradera (25 %) y arbustos (15 %), en un radio de 16 kilómetros de pradera (27 %) y tierra de cultivo (27 %) y en un radio de 80 kilómetros de agua (37 %) y pradera (20 %).

Figura 13 Mapa de Micro localización del Municipio de La Paz Centro



Fuente: Webserver2, Ineter.

3.2. Metodología

La metodología, basado en la recolección, testeo y análisis de datos e información.

Para ello se realizó:

- Visitas de campo para:
 - a. Definir las fábricas artesanales a estudiar.
 - b. Obtención de muestras de materiales y de las unidades de mampostería a estudiar.

c. Observación de los procesos de Fabricación.

- Realización de pruebas de laboratorios.
- Procesamiento de los datos obtenidos en dichas pruebas.
- Analizar los resultados obtenidos.
- Elaboración de un documento práctico con los procesos estándar de las fábricas en estudio.

3.2.1. Primera Visita de Campo

La primera visita se realizó con el fin de sondear las fábricas en el Municipio de La Paz Centro, Departamento de León; en busca de la ubicación y aprobación de fábricas de interés para este estudio, según ubicación y rasgos históricos. Se seleccionaron las siguientes fábricas:

- Fábrica San Carlos
- Ladrillera Santa Rosa
- Plantel Los Flores
- Plantel San Francisco
- Plantel Los Reyes
- Plantel Los García
- Tejar Juan Gómez
- Tejar Cabo de Hornos

3.2.2. Segunda Visita de Campo

La Segunda Visita comprendió varios días de trabajo, se asistió a cada fábrica en estudio (definidas anteriormente), en sus horarios de trabajo (que normalmente son a primeras horas de la mañana).

Para la realizar las siguientes actividades:

- a) Observación y toma de apuntes de los procesos de Fabricación.
- b) Obtención de muestras de materiales a someter a pruebas de laboratorio.
- c) Obtención de unidades de ladrillos de arcilla.
- d) Adquirir evidencia fotográfica.

3.2.3. Cronograma de Visitas

Tabla 2 Cronograma de Vistas a los Tejares

Cronograma de Visitas Realizadas			
Municipio La Paz Centro, Departamento de León			
Fábrica	Fecha	Hora	Motivo
Todas las Estudiadas.	14/01	8:00 am	Identificación y gestión de fábricas de estudio.
Plantel: Santa Rosa, San Francisco, Los Flores	30/01	7:00 am	Obtención de material para pruebas de laboratorio. (Muestra de Suelo). Observación y consultas.
Tejar: Los García, Los Reyes, Cabo de Hornos	07/02	7:00 am	Obtención de material para pruebas de laboratorio. (Muestra de Suelo). Observación y consultas.
Fábrica San Carlos y Tejar Juan Gómez.	13/02	7:00 am	Obtención de material para pruebas de laboratorio. (Muestra de Suelo). Observación y consultas.
Tejar: Los García, Los Reyes, Cabo de Hornos y Fábrica San Carlos.	23/03	7:00 am	Obtención de material para pruebas de laboratorio. (Muestra de Mampuestos)
Plantel: Santa Rosa, San Francisco, Los Flores y Tejar Juan Gómez.	15/04	9:00 am	Obtención de material para pruebas de laboratorio. (Muestra de Mampuestos)
Todas las Estudiadas.	29/04	9:00 am	Ratificación y rectificación de información.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3. Materiales y Métodos.

Materiales utilizados:

- Muestras de arcilla.
- Unidades de ladrillos de arcilla.
- Información recopilada en las visitas de campo.

3.4. Realización de pruebas de Laboratorio.

Las Pruebas de Laboratorio fueron realizadas en el Laboratorio de Suelos y Materiales de Construcción perteneciente al Departamento de Construcción de la Facultad de Tecnología de la Construcción (FTC); ubicado en el Recinto Universitario Pedro Araúz Palacios (RUPAP - Managua) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Información apoyada en La Guía de Laboratorio de Mecánica de Suelos 1 y en La Guía de Laboratorio de Materiales de Construcción, bajo cada norma correspondiente a la prueba de laboratorio; cómo lo son:

- Análisis Granulométrico (ASTM D-422; AASHTO T 27-88)
- Contenido de Humedad (ASTM D2216)
- Límites de Atterberg (ASTM D 4318)
- Métodos de Clasificación de Suelo (SUCS - AASHTO)
- Peso Volumétrico (NMX-C-404-ONNCE)
- Porcentaje de Absorción en 24h (NMX-C-037-ONNCE)
- Prueba de Resistencia a la Compresión de los mampuestos (MP-001)

Los laboratorios fueron realizados entre los meses de febrero y mayo del año 2023

3.5. Procesamiento de los datos.

Se aplicaron las definiciones y ecuaciones definidas en el Marco Teórico de este Documento.

3.6. Análisis de resultados.

Interpretación los datos obtenidos de las pruebas de laboratorio. Mediante tablas de resultados y datos finales, tomando en cuenta, las definiciones establecidas en el marco teórico para caracterizar cuantitativa y cualitativamente los datos e información procesados.

3.7. Elaboración de un documento práctico con los procesos estándar de las fábricas en estudio.

Basado en los procesos observados, se elaboró un documento detallado con los pasos y procesos estándar de las fábricas visitadas. Tomando en cuenta similitudes y diferencias en los procesos de cada una.

De este modo, se podrá consolidar prácticas funcionales (en caso de prácticas similares) y diversificar las técnicas locales (en caso de prácticas desiguales).

Amplificando así, los conocimientos y documentos técnicos acerca de la Fabricación de unidades de ladrillos de arcilla elaborados en ocho fábricas en Municipio La Paz Centro, Departamento de León.

CAPITULO IV: FÁBRICAS ESTUDIADAS

4.1. Generalidades

Se realizaron visitas a las fábricas para recopilar la información correspondiente a cada una, la cual se encuentra resumida en las siguientes tablas: A continuación, se describe información básica acerca de las fábricas estudiadas.

Tabla 3 Datos Recolectados de las vistas a los Tejares

DATOS						
Propietario	Fábrica	N. de Identificación	Producción por día		Días de trabajo a la semana	Ubicación
			Invierno	Verano		
James Dólmuz	San Carlos	1	1000	2000	6 días	Iglesia católica 1 C. sur 3 C al Este
Denis Espinoza	Santa Rosa	2	1000	1000	6 días	Antiguo cruce de los rieles 20 metros al norte
Oscar Molina	Los Flores	3	300	300	6 días	Rotonda El indio 100 metros al este
Sergio Aguilera	San Francisco	4	600	500	6 días	Rotonda El Indio 50 metros al Oeste
Otoniel Coronado	Los Reyes	5	600	1000	6 días	Antiguo cruce los rieles 20 metros al sur
Erick García	Los García	6	2500	3000	6 días	Entrada principal Barrio chino 500 metros al Sur
Juan Gómez	Juan Gómez	7	800	600	6 días	Centro recreativo La fortaleza 100 metros al Oeste
Antonia Montana	Cabo de Horno	8	800	600	6 días	Entra principal comarca Cabo de Horno 10 metros al Norte

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 14 Mapa de Ubicación de los Tejares



Fuente: Elaboración Propia.

4.2. Materiales

Según información recolectada las distintas fábricas obtienen la materia prima de los alrededores del municipio de La Paz Centro

Tabla 4 Datos de materiales que usan los tejares

Fábricas	Procedencia de Materiales		
	Agua	Arcilla	Arena
San Carlos	Pozo	Finca Aledaña a propiedad	De cauce
Santa Rosa	Pozo	Laguna Seca	-
Los Flores	Pozo	Las Américas	-
San Francisco	Pozo	La Palma	Finca Aledaña a propiedad

Fábricas	Procedencia de Materiales		
	Agua	Arcilla	Arena
Los Reyes	Pozo	A 6 Km Carretera a Momotombo	-
Los García	Pozo	La Palanga	-
Juan Gómez	Pozo	La Palma	-
Cabo de Horno	Pozo	Finca Aledaña a propiedad	-

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Área total de las fábricas

Según información dada por los propietarios correspondiente cada fábrica el área en metros cuadrados es la siguiente.

Tabla 5 Dimensión del área de cada tejlar

Área de trabajo	
Fábricas	Área(m2)
San Carlos	7000
Santa Rosa	5000
Los Flores	7000
San Francisco	1750
Los reyes	3500
Los García	7000
Juan Gómez	3500
Cabo de Hornos	1750

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 15 Área de trabajo en Plantel San Francisco



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16 Área de trabajo en Ladrillera Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17 Área de trabajo de Tejar Juan Gómez



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18 Área de Trabajo de Tejar Cabo de Hornos



Fuente: Elaboración Propia.

4.4. Horario de producción

Se encontró que todas las fábricas, inician con todo el proceso desde tempranas horas para así aprovechar en su totalidad la luz solar; empiezan labores en los siguientes horarios.

Tabla 6 Horario de Producción de cada tejar

Horario de Producción		
Fábricas	Inicio	Final
San Carlos	1:00am	8:00am
Santa Rosa	4:00am	9:00am
Los Flores	2:00am	9:00am
San Francisco	2:00am	9:00am
Los reyes	3:00am	10:00am
Los García	3:00am	10:00am
Juan Gómez	4:00am	9:00am
Cabo de Hornos	4:00am	10:00am

Fuente: Elaboración Propia.

4.5. Proceso de Fabricación Observado

En su totalidad, estas fábricas han pasado de generación en generación pertenecientes a una misma familia, es decir, los conocimientos utilizados en el proceso de Fabricación han sido transmitidos de forma empírica.

En general, todas implementan el mismo proceso, con ligeros cambios en tiempos y algunos detalles. Para la elaboración de las piezas de ladrillos se presenta la siguiente secuencia:

1. En primer lugar, extracción de materia prima. Las arcillas generalmente se encuentran en sitios en los que las crecientes de ríos han dejado depósitos de sedimentos.

Localmente, es obtenido de los alrededores del municipio, por ejemplo, de la laguna seca y fincas con yacimientos de material arcilloso. El material es extraído de forma manual con herramientas convencionales (palas).

2. Una vez teniendo el material se procede a llenar la pileta, se introduce agua barro arcilloso, arena y en ciertas fábricas agregados. Si al momento de humedecer el material en la pileta se tiene un exceso de humedad, se observaron dos métodos para homogenizar la mezcla a través de agregados:
 - Añadir más material, mezclar y dejar reposar 24 horas para continuar con el proceso de homogenización.
 - Añadir ceniza, mezclar y homogenizar.

Se deja reposar por un período estipulado por cada fábrica, tiempo que varía en época de invierno debido a la humedad.

Tabla 7 Tiempo de humidificación de cada tejar

Tiempo de Humidificación		
Fábricas	Verano	Invierno
San Carlos	10 horas	2 horas
Santa Rosa	24 horas	4 horas
Los Flores	8 horas	3 horas
San Francisco	24 horas	5 horas
Los Reyes	12 horas	3 horas
Los García	12 horas	4 horas
Juan Gómez	12 horas	2 horas
Cabo de Horno	12 horas	3 horas

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 19 Pileta donde se realiza el proceso de Humidificación



Fuente: Elaboración Propia

3. Pasando ese lapso de tiempo, la mezcla puede ser manipulada para así moldear las piezas de ladrillos. Este se efectúa a mano utilizando moldes dobles o triples.

Los moldes, conocidos como gradillas, están hechos de madera y están formados por cuatro caras exteriores y una división central entre los dos ladrillos, estos no tienen

tapa ni fondo. Durante el moldeo se coloca suficiente barro dentro del cajón de madera hasta que esta se encuentre completamente llena y esté bien compactada.

Utilizando una tablilla o las manos se retira el exceso de barro en la parte superior.

Una vez que la mezcla se ha asentado, se retira el molde (Gradilla).

Figura 20 Molde de Madera "Gradilla"



Fuente: Elaboración Propia.

Generalmente utilizan arena muy fina como desmoldante para facilitar el retiro de la mezcla del molde.

Figura 21 Elaboración de Bloque de Arcilla



Fuente: Elaboración Propia.

4. Los ladrillos crudos se dejan reposar a temperatura ambiente. Luego se procede a apilarlos, para dejarlos secar durante tres a cuatro días más, dependiendo del clima de la temporada.

Muchas veces, se intenta evitar las lluvias cubriendo las pilas de ladrillos con algún material protector (plástico) o bajo estructuras provisionales (ranchos de palma). Todas las fábricas dejan secando las piezas moldeadas a la intemperie a una temperatura de 35°C, con leves variaciones en el tiempo de secado, dependiendo del clima, hasta una semana en periodo de invierno.

Tabla 8 Tiempo de Curado de cada tejat

Tiempo de Curado	
San Carlos	3 días
Santa Rosa	3 días
Los Flores	5 días
San Francisco	4 días
Los Reyes	3 días
Los García	3 días
Juan Gómez	5 días
Cabo de Horno	4 Días

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22 Proceso de Secado de Los Ladrillos de Arcilla



Fuente: Elaboración Propia.

- Una vez teniendo las piezas secas, se procede llevarlas al horno artesanal de manera que queden arpilladas, para que así el calor sea distribuido de manera uniforme en cada pieza. Los hornos son cubiertos con tejas de barro, logrando un sellado hermético.

Con una temperatura de aproximadamente $1000^{\circ}\text{C} \pm 100^{\circ}\text{C}$. Los tiempos de cocción estipulados por cada fábrica que se muestran a continuación, se pueden ajustar los tiempos en el horno para cada lote de ladrillos.

Tabla 9 Tiempos de Cocción de cada Tejar

Tiempo de Cocción	
San Carlos	12 horas
Santa Rosa	30 horas
Los Flores	18 horas
San Francisco	24 horas
Los Reyes	24 horas
Los García	20 horas
Juan Gómez	25 horas
Cabo de Horno	20 horas

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 23 Horno artesanal de Plantel Los Flores



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 24 Horno artesanal Plantel San Francisco



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 25 Horno artesanal de la Fábrica San Carlos



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26 Horno artesanal de Tejar Juan Gómez



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 27 Horno artesanal de Plantel Los Reyes



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 28 Horno artesanal de Tejar Cabo de Hornos



Fuente: Elaboración Propia.

La cocción de los ladrillos, se realiza normalmente hasta alcanzar una cantidad mínima de ladrillos (Mil piezas es la cantidad mínima casi en todas las fábricas), para que sea viable encender el horno.

6. Una vez que se ha terminado el proceso de cocción, se abren las ventilaciones del horno para iniciar el enfriamiento en un lapso de 24 a 72 horas. Antes de

iniciar el desmontaje y la descarga del horno, para así sacar las piezas de ladrillos, sin daños por quemaduras al personal.

7. Los ladrillos son arpillados y dejados a la intemperie o algunas veces almacenados en ranchos, hasta el momento de su venta.

Figura 29 Forma de Apilamiento de los Ladrillos de Arcilla



Fuente: Elaboración Propia.

4.6. Otros Datos

De la información recolectada, se obtuvo datos de herramientas utilizadas, almacenamiento y distribución.

Tabla 10 Datos de Interés

Fábricas	Capacidad del Horno	Insumos/ Herramientas	Almacenamiento		Distribución	
			Condición	Forma	Precio	Tiempo de Venta
San Carlos	6000	Carretillas Palas Baldes Camión	Bajo Techo	Horizontal	C\$7,00	1 día
Santa Rosa	5000	Carretillas Palas	Bajo Techo	Arpillado	C\$7,00	8 días
Los Flores	3500	Carretilla Piochas Palas	Intemperie	Arpillado	C\$5,00	15 días
San Francisco	4800	Carretilla Pala	Intemperie	Arpillado	C\$6,00	16 días
Los Reyes	4800	Carretilla Palas Baldes	Intemperie	Arpillado	C\$8,00	2-3 días
Los García	2000	Carretilla Baldes Palas Piochas	Bajo Techo	Arpillado	C\$7,50	1-2 días
Juan Gómez	3500	Carretilla Palas	Bajo Techo	Arpillado	C\$7,00	2 días
Cabo de Horno	4000	Carretilla Palas Piochas	Intemperie	Arpillado	C\$9,00	2-3 días

Fuente: Elaboración Propia.

En relación a la mano de obra, todas las fábricas tienen los cargos fijos de:

- **Pileros:** se encargan de mezclar y homogenizar la mezcla.
- **Cortador:** es el responsable de

- **Cargador:** es el responsable de apilar los ladrillos dentro del horno, garantizando que todas las piezas reciban calor uniformemente
- **Quemador:** es el responsable de mantener el horno encendido durante todo el tiempo de cocción.

Tabla 11 Cantidad de Personal

Mano de Obra	
N.º de Personal	
San Carlos	20
Santa Rosa	10
Los Flores	8
San Francisco	10
Los Reyes	10
Los García	3
Juan Gómez	6
Cabo de Horno	8

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO V: LABORATORIOS REALIZADOS

A través de las visitas realizadas a las fábricas de estudio, se extrajeron muestras del material utilizado por cada una de ellas, para la Fabricación de los ladrillos; estas muestras fueron transportadas y analizadas en laboratorio, realizando los procedimientos para determinar: Contenido de Humedad, Granulometría y Límites de Consistencia de Atterberg. Los laboratorios mencionados anteriormente fueron aplicados a muestra de suelos.

De igual forma, se analizaron en laboratorio los ladrillos de arcilla de cada fábrica, determinando: Peso Volumétrico, Porcentaje de Absorción en 24Horas y Resistencia a la compresión de los mampuestos. Laboratorios realizados bajo las normativas definidas en el Capítulo III (Pág. 35).

En el apartado de la primera fábrica estudiada, se muestra el desarrollo paso a paso los datos obtenidos en laboratorio, procesamiento de datos de los mismos, incluyendo las fórmulas utilizadas, fórmulas definidas en el Capítulo II (Pág. 16–25). El mismo procedimiento fue aplicado para las demás fábricas.

En el proceso de elaboración de los laboratorios, se tomaron una serie de fotografías relacionadas a los procesos realizados, estas se encuentran en el Anexo 1 de este documento.

5.1. Fábrica San Carlos

5.1.1. Contenido de Humedad.

Para la determinación del contenido de humedad, se tomaron tres muestras representativas del material; determinando su peso antes y después del proceso de secado al horno, determinando así la cantidad de agua contenida. A continuación, se detalla el proceso de cálculo.

Tabla 12 Contenido de humedad, Fábrica San Carlos

Contenido de Humedad			
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)			
Ensaye	1	2	3
Identificación de la tara	D-12	T-2	SR5-6
Peso de la tara	47.90	47.70	35.60
Peso de la tara + muestra húmeda	323.30	300.60	319.80
Peso de Muestra húmeda (Wh)	275.40	252.90	284.20
Peso de la tara + muestra seca	304.80	284.60	299.20
Peso de Muestra seca (Ws)	256.90	236.90	263.60
Peso del Agua Contenida	18.50	16.00	20.60
Contenido de Humedad	7.20%	6.75%	7.81%
Contenido de Humedad Promedio	7.26%		

Fuente: Elaboración Propia.

$$\%W = \frac{w_h - w_s}{w_s} * 100\%$$

Ecuacion (1)

$$\%W1 = \frac{275.4gr - 256.90gr}{256.90gr} * 100\% = 7.20\%$$

$$\%W2 = \frac{252.90gr - 236.90gr}{236.90gr} * 100\% = 6.75\%$$

$$\%W3 = \frac{284.20gr - 263.60gr}{263.60gr} * 100\% = 7.81\%$$

Se puede observar consistencia en los resultados, esto nos indica una muestra homogénea del material.

5.1.2. Granulometría.

Para el análisis granulométrico, se secó al horno una muestra representativa del material y se colocó la cantidad pesada (200 gr) en una tara con agua para disolver los grumos, tamizando esta mezcla por el tamiz No.200. Luego de esto el material retenido, es secado nuevamente al horno; este material seco se coloca el juego de tamices en orden progresivo, No. 4, No. 10, No. 40, No. 200 y al final el fondo, anotando todos los pesos requeridos (lo que retiene cada tamiz). Obteniendo los siguientes datos, a partir de los cuáles se elaboró la Curva Granulométrica correspondiente. Para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra uno y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 13 Análisis Granulométrico, Fábrica San Carlos

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				100.9
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	5.00	2.50%	2.50%	97.50%
40	46.90	23.45%	25.95%	74.05%
200	49.00	24.50%	50.45%	49.55%
Pasa 200	99.10	49.55%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se detalla el **proceso de cálculo**.

$$\%Ret. parcial = \frac{\text{peso retenido por cada tamiz}}{\text{peso total}} * 100$$

Ecuación(2)

$$\%Ret. parcial tamiz10 = \frac{5gr}{200 gr} * 100 = 2.50\%$$

$$\%Ret. parcial tamiz40 = \frac{46.90gr}{200gr} * 100 = 23.45\%$$

$$\%Ret. parcial tamiz200 = \frac{49gr}{200 gr} * 100 = 24.50\%$$

$$\%Ret. parcial pasa tamiz 200 = \frac{99.10gr}{200 gr} * 100 = 49.55\%$$

$$\%Ret Acumulado = \%RetAcum_i + \%Retp_{i+1}$$

Ecuación(3)

$$\%Ret Acumulado = 0\% + 2.50\% = 2.50\%$$

$$\%Ret Acumulado = 2.50\% + 23.45\% = 25.95\%$$

$$\%Ret Acumulado = 25.95\% + 24.50\% = 50.45\%$$

$$\%Ret Acumulado = 50.45\% + 49.55\% = 100\%$$

$$\%Que pasa = 100 - \%Ret Acumulado$$

Ecuación(4)

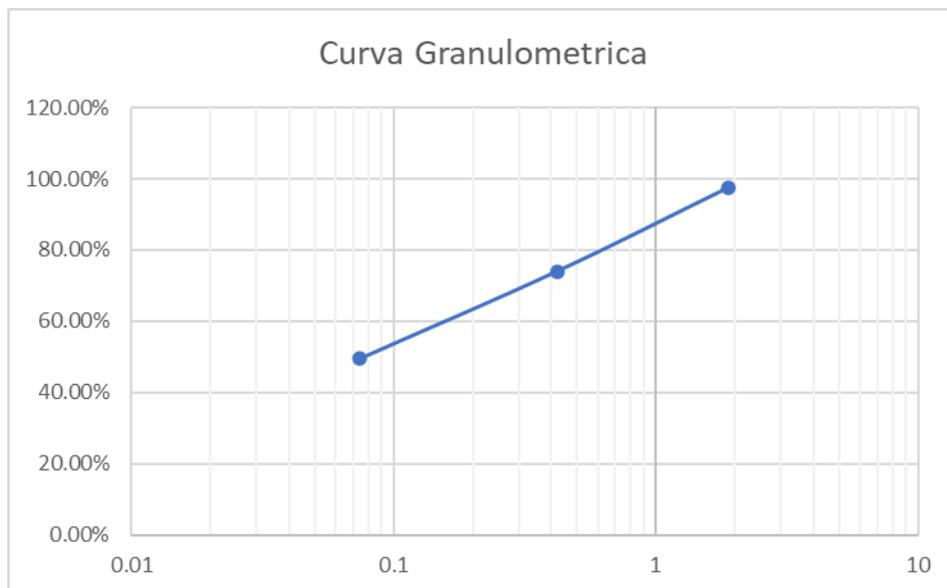
$$\%Que pasa = 100\% - 2.50\% = 97.50\%$$

$$\%Que pasa = 100\% - 25.95\% = 74.05\%$$

$$\%Que pasa = 100\% - 50.45\% = 49.55\%$$

$$\%Que pasa = 100\% - 100\% = 0\%$$

Gráfico 1 Curva Granulométrica A, Fabrica San Carlos



Fuente: Elaboración Propia.

5.1.3. Límites de Consistencia de Atterberg

Para la determinación de los límites de consistencia, se tomó una muestra del material, el cual se secó al horno; ya secó, se cribó el material por el tamiz No.4. El material que pasó dicho tamiz, fue utilizado para el procedimiento a través del Aparato de Arturo Casagrande, registrando el número de golpes correspondiente a la consistencia del material. De la consistencia considerada como óptima, límite líquido, se tomó una pequeña muestra para elaborar los especímenes de estudio para determinación de límite plástico. Para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra uno y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

A continuación, se detalla el proceso de cálculo.

Tabla 14 Limite Líquido, Fábrica San Carlos

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL = 32.4%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	20	26	33
Identificación de la tara	A-04	A-05	A-08
Peso de la tara	21.40	21.80	21.80
Peso de la tara + muestra húmeda	38.70	38.40	42.00
Peso de Muestra húmeda (Wh)	17.30	16.60	20.20
Peso de la tara + muestra seca	34.40	34.30	37.30
Peso de Muestra seca (Ws)	13.00	12.50	15.50
Peso del Agua Contenida	4.30	4.10	4.70
Contenido de Humedad	33.08%	32.80%	30.32%

Fuente: Elaboración Propia.

$$\%W = \frac{w_h - w_s}{w_s} * 100\%$$

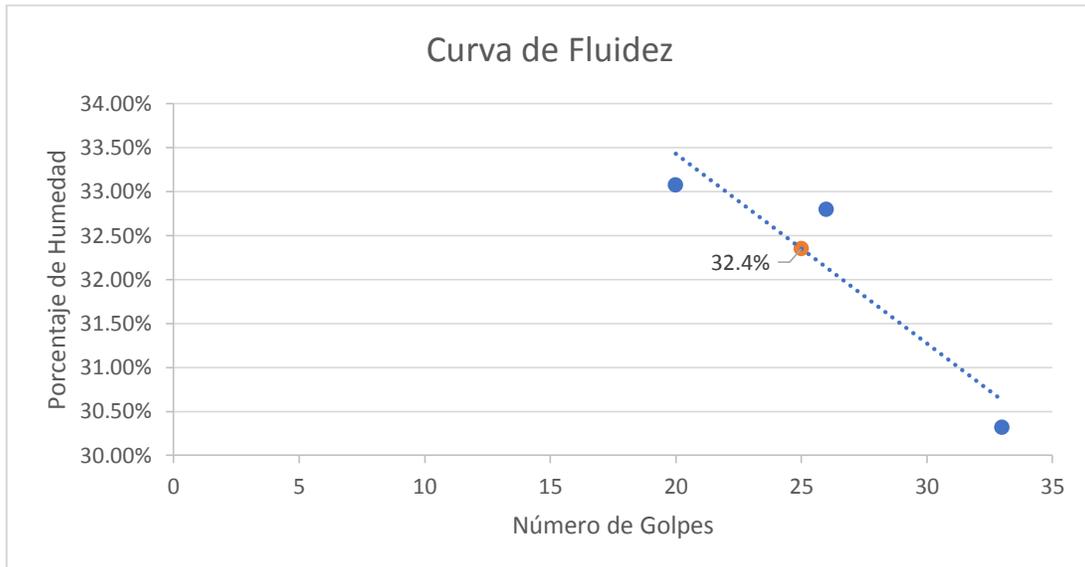
Ecuacion (1)

$$\%W1 = \frac{17.30gr - 13gr}{13gr} * 100\% = 33.08\%$$

$$\%W2 = \frac{16.60gr - 12.50gr}{12.50gr} * 100\% = 32.80\%$$

$$\%W3 = \frac{20.20gr - 15.5gr}{15.5gr} * 100\% = 30.32\%$$

Gráfico 2 Curva de Fluidez A, Fábrica San Carlos



Fuente: Elaboración Propia.

El Límite Líquido, se determinó mediante el método de los tres puntos, a través de la gráfica Porcentaje de Humedad – Número de Golpes.

Tabla 15 Limite Plástico, Fábrica San Carlos

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	H-1	H-17
Peso de la tara	21.70	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	26.50	26.70
Peso de Muestra húmeda (Wh)	4.80	4.80
Peso de la tara + muestra seca	25.70	25.90
Peso de Muestra seca (Ws)	4.00	4.00
Peso del Agua Contenida	0.80	0.80
Contenido de Humedad	20.00%	20.00%
Contenido de Humedad Promedio	Límite Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

$$\%W = \frac{w_h - w_s}{w_s} * 100\%$$

Ecuación (1)

$$\%W1 = \frac{4.80gr - 4gr}{4gr} * 100\% = 20.00\%$$

$$\%W2 = \frac{4.80gr - 4gr}{4gr} * 100\% = 20.00\%$$

Tabla 16 Índice de Plasticidad, Fábrica San Carlos

INDICE PLÁSTICO (ID)	12.40%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

$$IP = LL - LP$$

Ecuación (5)

$$IP = 32.40\% - 20.00\% = 12.40\%$$

5.1.4. Clasificación de Suelo.

Se realizó la clasificación de suelo de muestra, por dos métodos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Sistema AASHTO. A continuación, se detalla el proceso de clasificación. Las tablas utilizadas para la clasificación de suelo se encuentran en el Anexo 3.

Para clasificar el suelo mediante SUCS, lo primero es identificar en la Carta de Plasticidad la ubicación de la muestra a través de los valores de Límite Líquido e Índice de Plasticidad. Posteriormente dirigirse al Diagrama de Clasificación correspondiente, según los valores de los límites de consistencia y granulometría, se determinará la clasificación de suelos.

- Entrando en la Carta de Plasticidad, con el valor de LL= 32.4% e IP=12.4%, la intersección de valores se ubica en el cuadrante correspondiente a CL.

- Con este dato, nos dirigimos al Diagrama para Clasificación de Suelos Finos. Verificamos la condición $LL < 50$, así como el Valor de IP, en este caso $IP > 7$ y ubicado arriba de la Línea A; es así como ratificamos el grupo CL.
- A partir de acá, se utiliza valores obtenidos en el análisis granulométrico, porcentaje que retiene la malla 200 en relación al 30%, $27.05\% < 30\%$ en este caso.
- La malla retiene más del 15%, así se sigue la línea entre 15% y 29%.
- Así como porcentaje de arena y grava contenida en la muestra, mayor arena en este caso y así se clasifica como una Arcilla Baja con Arena.

En el caso del Método AASHTO, el sistema de clasificación está delimitado por la Tabla de Clasificación de Suelos y Mezclas de Agregados de Suelos para Propósitos de Construcción de Carreteras; de igual forma los parámetros están regidos por los valores de los límites de consistencia y granulometría, se determinará la clasificación de suelos. También se debe calcular el índice de Grupo correspondiente.

- Ingresando a la tabla correspondiente, inicialmente con apoyo de los datos de granulometría, porcentaje que pasa por la malla No. 10, 40 y 200; 97.50%, 74.05% y 49.55% respectivamente. Lo que nos ubica en la sección Materiales Limo – Arcilla.
- Con los valores conocidos de LL e IP (32.40% y 12.40%), nos ubica en la sección Suelos Arcillosos. Posteriormente, el cálculo del Índice de grupo.

$$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10)$$

Ecuación (6)

$$IG = (49.55\% - 35) [0.2 + 0.005(32.40\% - 40)] + 0.01(49.55\% - 15) (12.40\% - 10)$$

$$IG = -3.00 = 0$$

Tabla 17 Clasificación de Suelos, Fábrica San Carlos

CLASIFICACIÓN DE SUELOS				
SUCS	ARCILLA BAJA CON ARENA		Símbolo del grupo	CL
AASHTO	SUELO ARCILLOSO	A-6	Índice de Grupo	0

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.5. Porcentaje de Absorción en 24 horas.

Para la determinación del Porcentaje de Absorción en 24 horas, se tomaron tres mampuestos como muestra representativa por cada fábrica. Los tres ladrillos de arcilla fueron pesados en seco, luego sumergidos en agua a temperatura ambiente por 24 horas y pesados en el tanque de inmersión, se eliminó el agua superficial con una toalla absorbente y se volvió a registrar su peso. A continuación, se detalla el proceso de cálculo.

Tabla 18 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Fábrica San Carlos

Porcentaje de Absorción en 24 horas				
(peso en gramos)		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Ws	Peso Seco	5091.6	5340.2	5148.5
Wsum	Peso Sumergido	3886.1	4026.3	3892.4
Wsss	Peso Saturado Superficialmente Seco	6125.5	6314.4	5632.3
%A (24H)		26.61%	24.20%	12.43%
Promedio		21.08%		

Fuente: Elaboración Propia.

$$\%A = \frac{W_{SSS} - W_S}{W_{Sum}} * 100$$

Ecuación(8)

$$\%A1 = \frac{6125.5gr - 5091.6gr}{3886.1gr} * 100 = 26.61\%$$

$$\%A2 = \frac{6314.4gr - 5340.2gr}{4026.3gr} * 100 = 24.20\%$$

$$\%A3 = \frac{5632.3gr - 5148.5gr}{3892.4gr} * 100 = 12.43\%$$

Se puede observar variabilidad en los resultados obtenidos, puede ser debido a al peso o variabilidad dimensional de cada ladrillo. Así como influye el proceso artesanal de fabricación, si bien cada ladrillo pasa por el mismo proceso, pueden adquirir propiedades variables a lo largo del procedimiento según el manejo del material o de los mampuestos.

5.1.6. Peso Volumétrico.

Para la determinación del Peso Volumétrico, se tomaron tres mampuestos como muestra representativa por cada fábrica. Los tres ladrillos de arcilla fueron pesados en seco, así como de acuerdo a sus dimensiones, fue determinado su volumen. A continuación, se detalla el proceso de cálculo.

Tabla 19 Peso Volumétrico, Fábrica San Carlos

Peso Volumétrico		Ensaye 1	Ensaye 2	Ensaye 3
Volumen	cm ³	3363.675	3160.500	3239.424
	m ³	0.00336	0.00316	0.00324
Peso	gr	5130.200	5084.200	4992.900
	kg	5.130	5.084	4.993
PV (kg/m ³)		1525.177	1608.670	1541.293
Promedio		1558.380		

Fuente: Elaboración Propia.

$$PV = \frac{W}{V}$$

Ecuación (7)

$$PV1 = \frac{5.130 \text{ kg}}{0.00336 \text{ m}^3} = 1525.177 \text{ kg/m}^3$$

$$PV2 = \frac{5.084 \text{ kg}}{0.00316 \text{ m}^3} = 1608.67 \text{ kg/m}^3$$

$$PV3 = \frac{4.993 \text{ kg}}{0.00324 \text{ m}^3} = 1541.293 \text{ kg/m}^3$$

5.1.7. Resistencia a la Compresión.

Para determinar la Resistencia a la Compresión de los mampuestos, se tomó una muestra representativa de 30 unidades. A cada uno de ellos, se les tomó medidas del área que sería sometida a compresión, en la máquina de ensayo. (Canto y Tizón).

Tomamos como ejemplo para desarrollo de cálculos, el primer ladrillo analizado.

- El primer paso es Convertir los datos de compresión obtenidos en laboratorio, de Libras Fuerza a Kilogramos. Mediante el Factor de Conversión $1\text{LF} = 0.4536$ kg.

$$\begin{aligned}1\text{LF} &= 0.4536 \text{ kg} \\104500 \text{ LF} &= X \text{ kg} \\X &= \frac{104500 \text{ LF} * 0.4536 \text{ kg}}{1 \text{ LF}} = 47401.20 \text{ kg}\end{aligned}$$

- El segundo paso, es determinar la resistencia por área por área de compresión.

$$\begin{aligned}f_i &= \frac{\text{Carga kg}}{\text{Área cm}^2} \\f_i &= \frac{47401.20 \text{ kg}}{450.00 \text{ cm}^2} = 104.34 \text{ Kg/cm}^2\end{aligned}$$

- Se aplica el mismo procedimiento a los siguientes ladrillos, para posteriormente calcular un Promedio de las resistencias a compresión (f_{um}).

Para la continuación de los cálculos, se determinará un Coeficiente de variación.

δm Coeficiente de variación, cuyo valor se calculará mediante la siguiente expresión:

$$\delta m = \frac{\sqrt{\frac{\sum(f_i - f_{um})^2}{n - 1}}}{f_{um}} \quad (4.2)$$

$\delta m =$ Deberá ser mayor o igual a 0.12

- Al valor de resistencia a compresión de cada ladrillo (f_i), se le resta el valor del Promedio de las resistencias a compresión (f_{um}), valor que posteriormente será elevado al cuadrado y valores de los cuales se hará una sumatoria. Este valor obtenido será dividido, entre $n-1$, siendo n el número de ladrillos estudiados.

$$\delta_m = \frac{\sqrt{\frac{\sum (f_i - f_{um})^2}{n - 1}}}{f_{um}} = \frac{\sqrt{\frac{49955.35 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}^2}{30 - 1}}}{140.02 \text{ Kg/cm}^2} = 0.30$$

- La resistencia específica o característica a la rotura a compresión del ladrillo ($f'u$), se obtendrá empleando la siguiente expresión:

$$f'u = f_{um}(1 - 1,3 \delta_m) \quad (4.1)$$

$$f'u = 140.02 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * (1 - 1,3 (0.30)) = 86.06 \text{ Kg/cm}^2$$

Tabla 20 Resistencia a Compresión, Fábrica San Carlos

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) (fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² (Kg/cm ²) ²
SC-1	104500	47401.20	450.00	105.34	-34.68	1202.78
SC-2	89020	40379.47	453.00	89.14	-50.88	2588.70
SC-3	114300	51846.48	451.50	114.83	-25.19	634.31
SC-4	116700	52935.12	454.50	116.47	-23.55	554.52
SC-5	219800	99701.28	459.00	217.21	77.20	5959.37
SC-6	136600	61961.76	459.04	134.98	-5.04	25.36
SC-7	185400	84097.44	463.59	181.40	41.39	1712.93
SC-8	88780	40270.61	447.00	90.09	-49.93	2492.64
SC-9	105600	47900.16	447.00	107.16	-32.86	1079.65
SC-10	137800	62506.08	453.00	137.98	-2.03	4.14
SC-11	145700	66089.52	453.00	145.89	5.88	34.53
SC-12	157700	71532.72	454.48	157.39	17.38	301.98
SC-13	142800	64774.08	442.50	146.38	6.36	40.51
SC-14	92170	41808.31	448.49	93.22	-46.80	2189.96
SC-15	141800	64320.48	451.50	142.46	2.44	5.97
SC-16	141700	64275.12	462.06	139.11	-0.91	0.83
SC-17	119800	54341.28	462.06	117.61	-22.41	502.24

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) (fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² (Kg/cm ²) ²
SC-18	109600	49714.56	465.08	106.89	-33.12	1097.10
SC-19	236700	107367.12	450.00	238.59	98.58	9717.31
SC-20	172700	78336.72	469.65	166.80	26.78	717.22
SC-21	139300	63186.48	453.00	139.48	-0.53	0.28
SC-22	131300	59557.68	456.00	130.61	-9.41	88.51
SC-23	115800	52526.88	453.00	115.95	-24.06	579.07
SC-24	102800	46630.08	449.98	103.63	-36.39	1324.24
SC-25	125800	57062.88	462.06	123.50	-16.52	272.93
SC-26	135600	61508.16	457.52	134.44	-5.58	31.12
SC-27	244600	110950.56	462.06	240.12	100.10	10020.89
SC-28	114400	51891.84	460.56	112.67	-27.35	747.80
SC-29	136700	62007.12	463.60	133.75	-6.27	39.26
SC-30	222200	100789.92	463.60	217.41	77.39	5989.20
Promedio de las resistencias a compresión				Fum	Kg/cm ²	140.02
Coefficiente de variación				$\Sigma(fi-fum)^2$	(Kg/cm ²) ²	49955.35
				$\Sigma(fi-fum) / n-1$	(Kg/cm ²) ²	1722.60
				$\sqrt{\Sigma(fi-fum) / n-1}$	Kg/cm ²	41.50
				δm	-	0.30
Resistencia característica a la compresión				f'u	Kg/cm ²	86.06

Fuente: Elaboración Propia.

5.2. Ladrillera Santa Rosa

5.2.1. Contenido de Humedad.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de contenido de humedad de esta fábrica.

Tabla 21 Contenido de Humedad, Ladrillera Santa Rosa

Contenido de Humedad			
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)			
Ensaye	1	2	3
Identificación de la tara	B12-1	D12	A-19
Peso de la tara	47.30	47.70	41.90
Peso de la tara + muestra húmeda	275.40	308.00	344.90
Peso de Muestra húmeda (Wh)	228.10	260.30	303.00
Peso de la tara + muestra seca	209.60	232.80	259.90
Peso de Muestra seca (Ws)	162.30	185.10	218.00
Peso del Agua Contenida	65.80	75.20	85.00
Contenido de Humedad	40.54%	40.63%	38.99%
Contenido de Humedad Promedio	40.05%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2. Granulometría.

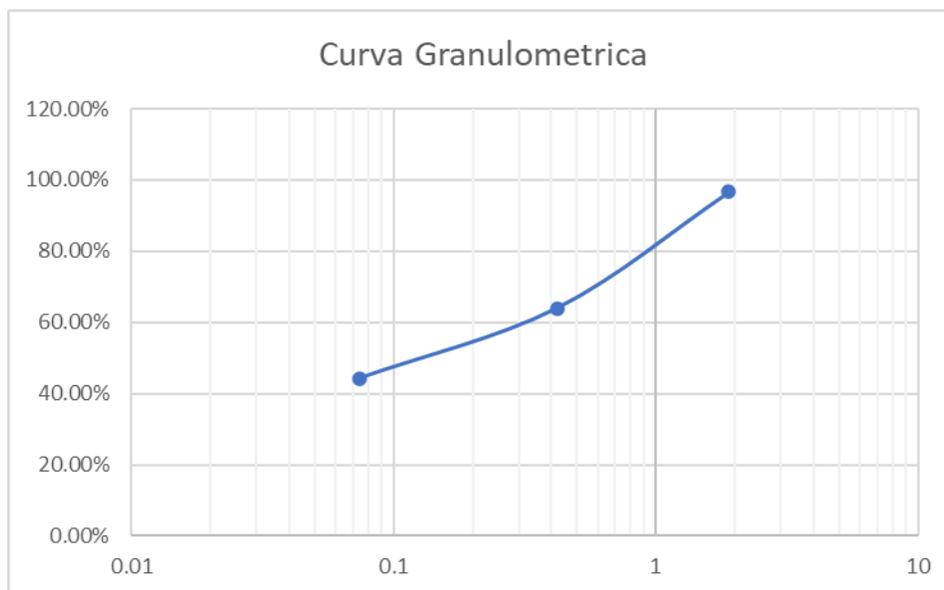
Para realizar el análisis granulométrico de esta fábrica y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 22 Análisis Granulométrico, Ladrillera Santa Rosa

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				111.6
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	6.60	3.30%	3.30%	96.70%
40	65.40	32.70%	36.00%	64.00%
200	39.60	19.80%	55.80%	44.20%
Pasa 200	88.40	44.20%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 3 Curva Granulométrica A, Ladrillera Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia.

5.2.3. Límites de Consistencia de Atterberg

Para la determinación de los límites de consistencia, se tomó una muestra del material y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 23 Limite Liquido, Ladrillera Santa Rosa

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL= 30.3%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	17	26	33
Identificación de la tara	A-05	A-08	A-10
Peso de la tara	21.90	21.50	21.40
Peso de la tara + muestra húmeda	38.20	38.50	38.60
Peso de Muestra húmeda (Wh)	16.30	17.00	17.20
Peso de la tara + muestra seca	34.30	34.60	34.70
Peso de Muestra seca (Ws)	12.40	13.10	13.30
Peso del Agua Contenida	3.90	3.90	3.90
Contenido de Humedad	31.45%	29.77%	29.32%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24 Limite Plástico, Ladrillera Santa Rosa

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	LS-6	J-07
Peso de la tara	21.50	21.20
Peso de la tara + muestra húmeda	25.60	25.30
Peso de Muestra húmeda (Wh)	4.10	4.10
Peso de la tara + muestra seca	24.90	24.60
Peso de Muestra seca (Ws)	3.40	3.40
Peso del Agua Contenida	0.70	0.70
Contenido de Humedad	20.59%	20.59%
Límite Plástico	20.59%	

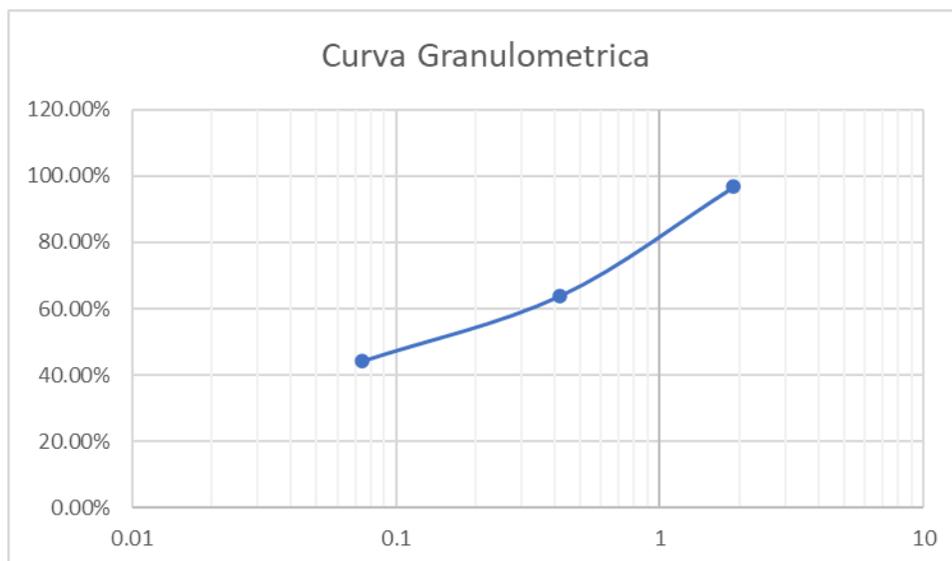
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25 Índice de Plasticidad, Ladrillera Santa Rosa

INDICE PLÁSTICO (ID)	9.71%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 4 Curva de Fluidez A, Ladrillera Santa Rosa



Fuente: Elaboración Pro

5.2.4. Clasificación de Suelo.

Se realizó la clasificación de suelo de muestra, por dos métodos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Sistema AASHTO. Para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 26 Clasificación de Suelo, Ladrillera Santa Rosa

CLASIFICACIÓN DE SUELOS				
SUCS	ARCILLA BAJA CON ARENA		Símbolo del grupo	CL
AASHTO	SUELO LIMOSO	A-4	Índice de Grupo	0

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.5. Porcentaje de Absorción en 24 horas.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Porcentaje de Absorción en 24 horas de esta fábrica.

Tabla 27 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Ladrillera Santa Rosa

Porcentaje de Absorción en 24 horas				
(peso en gramos)		Ensaye 1	Ensaye 2	Ensaye 3
Ws	Peso Seco	4828.5	4655.9	4641
Wsum	Peso Sumergido	3657	3549.6	3576.7
Wsss	Peso Saturado Superficialmente Seco	6082.8	5893	5812.4
%A (24H)		34.30%	34.85%	32.75%
Promedio		33.97%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.6. Peso Volumétrico.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Peso Volumétrico de esta fábrica.

Tabla 28 Peso Volumétrico, Ladrillera Santa Rosa

Peso Volumétrico		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Volumen	cm ³	3378.535	3477.580	3414.960
	m ³	0.00338	0.00348	0.00341
Peso	gr	4844.000	4658.700	4816.800
	kg	4.844	4.659	4.817
PV (kg/m ³)		1433.758	1339.638	1410.500
Promedio		1394.632		

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.7. Resistencia a la Compresión.

A continuación, se muestra los datos y resultados correspondientes para determinar la Resistencia a la Compresión de los mampuestos.

Tabla 29 Resistencia a Compresión, Ladrillera Santa Rosa

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) (fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² (Kg/cm ²) ²
SR-1	60890	27619.70	480.48	57.48	-75.74	5736.95
SR-2	102400	46448.64	462	100.54	-32.69	1068.51
SR-3	127600	57879.36	457.25	126.58	-6.64	44.15
SR-4	98120	44507.23	486.72	91.44	-41.78	1745.82
SR-5	124200	56337.12	193.75	290.77	157.55	24820.75
SR-6	92160	41803.78	486.64	85.90	-47.32	2239.50
SR-7	43740	19840.46	480.48	41.29	-91.93	8451.71
SR-8	239600	108682.56	469.71	231.38	98.16	9634.61
SR-9	118800	53887.68	480.5	112.15	-21.08	444.24
SR-10	232200	105325.92	478.85	219.96	86.73	7522.06
SR-11	114000	51710.40	477.28	108.34	-24.88	619.13
SR-12	149000	67586.40	496	136.26	3.04	9.22
SR-13	61010	27674.14	486.72	56.86	-76.37	5832.04
SR-14	127500	57834.00	478.92	120.76	-12.47	155.43
SR-15	200300	90856.08	486.54	186.74	53.51	2863.64
SR-16	196400	89087.04	471.12	189.10	55.87	3121.47
SR-17	111500	50576.40	485.06	104.27	-28.96	838.56
SR-18	73830	33489.29	483.56	69.26	-63.97	4092.22
SR-19	120900	54840.24	483.6	113.40	-19.83	393.08
SR-20	163400	74118.24	474.14	156.32	23.10	533.39
SR-21	87160	39535.78	477.36	82.82	-50.40	2540.61
SR-22	223400	101334.24	486.4	208.34	75.11	5641.36
SR-23	113100	51302.16	477.28	107.49	-25.74	662.42

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) (fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² (Kg/cm ²) ²
SR-24	175600	79652.16	465.12	171.25	38.02	1445.87
SR-25	102600	46539.36	477.4	97.49	-35.74	1277.43
SR-26	227200	103057.92	474.3	217.28	84.06	7065.76
SR-27	126200	57244.32	469.7	121.87	-11.35	128.87
SR-28	177900	80695.44	488.22	165.28	32.06	1027.77
SR-29	119400	54159.84	468.16	115.69	-17.54	307.64
SR-30	112900	51211.44	463.59	110.47	-22.76	517.98
Promedio de las resistencias a compresión	Fum			Kg/cm ²	133.23	
Coefficiente de variación	$\Sigma(fi-fum)^2$			(Kg/cm ²) ²	100782.16	
	$\Sigma(fi-fum) / n-1$			(Kg/cm ²) ²	3475.25	
	$\sqrt{\Sigma(fi-fum) / n-1}$			Kg/cm ²	58.95	
	δm			-	0.44	
Resistencia característica a la compresión	f'u			Kg/cm ²	56.59	

Fuente: Elaboración Propia.

5.3. Plantel Los Flores

5.3.1. Contenido de Humedad.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de contenido de humedad de esta fábrica.

Tabla 30 Contenido Humedad, Plantel Los Flores

Contenido de Humedad			
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)			
Ensaye	1	2	3
Identificación de la tara	SM-4	PT-13	V-18
Peso de la tara	164.60	170.70	161.80
Peso de la tara + muestra húmeda	496.10	532.40	525.40
Peso de Muestra húmeda (Wh)	331.50	361.70	363.60
Peso de la tara + muestra seca	451.00	484.60	478.60
Peso de Muestra seca (Ws)	286.40	313.90	316.80
Peso del Agua Contenida	45.10	47.80	46.80
Contenido de Humedad	15.75%	15.23%	14.77%
Contenido de Humedad Promedio	15.25%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.2. Granulometría.

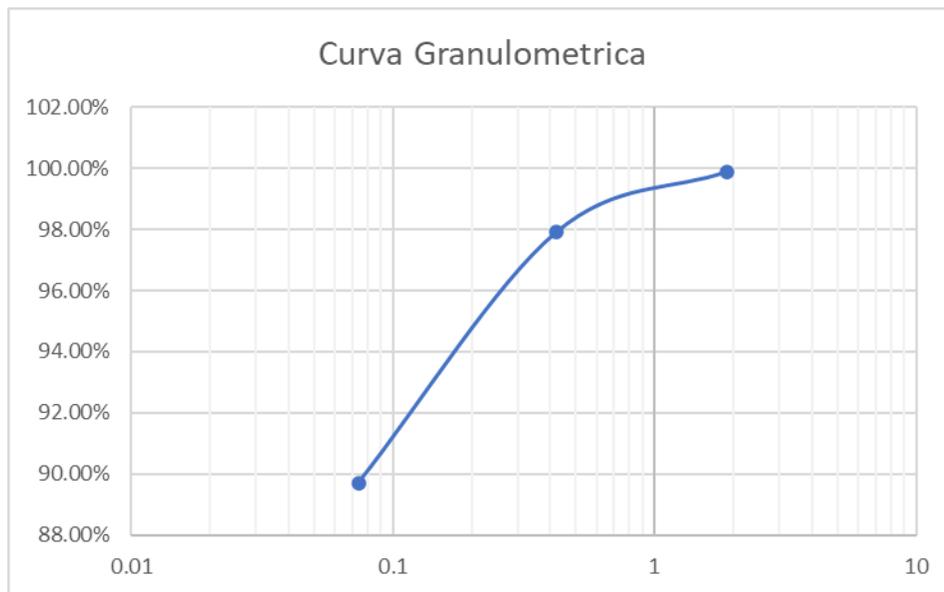
Para realizar el análisis granulométrico de esta fábrica y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 31 Análisis Granulométrico, Plantel Los Flores

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				20.6
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	0.20	0.10%	0.10%	99.90%
40	4.00	2.00%	2.10%	97.90%
200	16.40	8.20%	10.30%	89.70%
Pasa 200	179.40	89.70%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 5 Curva Granulométrica A, Ladrillera Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia.

5.3.3. Límites de Consistencia de Atterberg

Para la determinación de los límites de consistencia, se tomó una muestra del material y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 32 Limite Liquido, Plantel Los Flores

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=57.7%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	23	25	29
Identificación de la tara	J-08	J-07	J-02
Peso de la tara	22.00	21.40	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	37.10	35.10	34.40
Peso de Muestra húmeda (Wh)	15.10	13.70	12.50
Peso de la tara + muestra seca	31.50	30.10	29.90
Peso de Muestra seca (Ws)	9.50	8.70	8.00
Peso del Agua Contenida	5.60	5.00	4.50
Contenido de Humedad	58.95%	57.47%	56.25%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 33 Limite Plástico, Plantel Los Flores

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	D-01	D-03
Peso de la tara	21.70	22.00
Peso de la tara + muestra húmeda	24.90	25.20
Peso de Muestra húmeda (Wh)	3.20	3.20
Peso de la tara + muestra seca	24.00	24.30
Peso de Muestra seca (Ws)	2.30	2.30
Peso del Agua Contenida	0.90	0.90
Contenido de Humedad	39.13%	39.13%
Límite Plástico	39.13%	

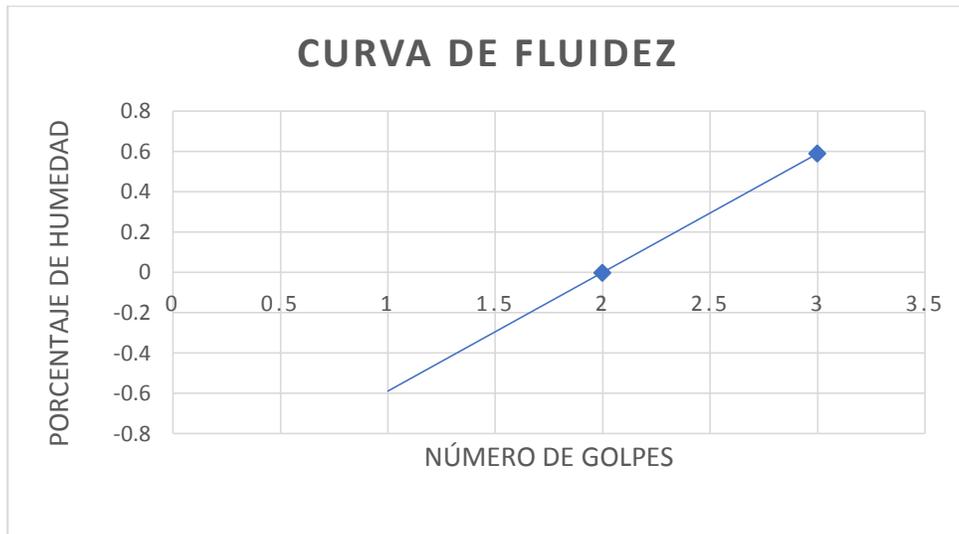
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 34 Índice de Plasticidad, Plantel Los Flores

INDICE PLÁSTICO (ID)	18.57%
Altamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 6 Curva de Fluidez A, Plantel Los Flores



Fuente: Elaboración Propia

5.4.3. Clasificación de Suelo

Se realizó la clasificación de suelo de muestra, por dos métodos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Sistema AASHTO. Para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 35 Clasificación de Suelo, Plantel Los Flores

CLASIFICACIÓN DE SUELOS				
SUCS	LIMO ELÁSTICO		Símbolo del grupo	MH
AASHTO	SUELO ARCILLOSO	A-7-5	Índice de Grupo	0

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.4. Porcentaje de Absorción en 24 horas.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Porcentaje de Absorción en 24 horas de esta fábrica.

Tabla 36 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Plantel Los Flores

Porcentaje de Absorción en 24 horas				
(peso en gramos)		Ensaye 1	Ensaye 2	Ensaye 3
Ws	Peso Seco	4450.1	4501.4	4116.2
Wsum	Peso Sumergido	3504.9	3521.5	3552.9
Wsss	Peso Saturado Superficialmente Seco	5524.1	5510.6	5384.5
%A (24H)		30.64%	28.66%	35.70%
Promedio		31.67%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.5. Peso Volumétrico.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Peso Volumétrico de esta fábrica.

Tabla 37 Peso Volumétrico, Plantel Los Flores

Peso Volumétrico		Ensaye 1	Ensaye 2	Ensaye 3
Volumen	cm ³	3033.225	3053.115	3064.640
	m ³	0.00303	0.00305	0.00306
Peso	gr	4593.800	4461.300	4663.200
	kg	4.594	4.461	4.663
PV (kg/m³)		1514.494	1461.229	1521.614
Promedio		1499.112		

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.6. Resistencia a la Compresión.

A continuación, se muestra los datos y resultados correspondientes para determinar la Resistencia a la Compresión de los mampuestos.

Tabla 38 Resistencia a Compresión, Plantel Los Flores

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) (fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ²) ²
F-1	142500	64638.00	465.00	139.01	24.53	601.78
F-2	107100	48580.56	477.36	101.77	-12.71	161.44
F-3	103300	46856.88	468.16	100.09	-14.39	207.01
F-4	129700	58831.92	468.16	125.67	11.19	125.24
F-5	150100	68085.36	486.64	139.91	25.43	646.88
F-6	90860	41214.10	471.24	87.46	-27.02	729.89

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) (fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ²) ²
F-7	172400	78200.64	469.70	166.49	52.02	2705.59
F-8	200500	90946.80	465.12	195.53	81.06	6570.52
F-9	213100	96662.16	469.70	205.80	91.32	8339.38
F-10	203400	92262.24	477.36	193.28	78.80	6209.55
F-11	178400	80922.24	474.30	170.61	56.14	3151.56
F-12	104000	47174.40	477.40	98.82	-15.66	245.24
F-13	101100	45858.96	484.80	94.59	-19.88	395.28
F-14	101500	46040.40	469.70	98.02	-16.45	270.75
F-15	101700	46131.12	471.24	97.89	-16.58	274.97
F-16	102200	46357.92	474.24	97.75	-16.72	279.67
F-17	100400	45541.44	481.99	94.49	-19.99	399.56
F-18	91520	41513.47	486.40	85.35	-29.13	848.38
F-19	103600	46992.96	474.30	99.08	-15.40	237.06
F-20	101800	46176.48	472.68	97.69	-16.78	281.72
F-21	99620	45187.63	477.36	94.66	-19.81	392.59
F-22	91630	41563.37	468.16	88.78	-25.70	660.24
F-23	91520	41513.47	465.00	89.28	-25.20	634.99
F-24	91080	41313.89	450.00	91.81	-22.67	513.78
F-25	102100	46312.56	468.16	98.92	-15.55	241.82
F-26	94170	42715.51	480.42	88.91	-25.56	653.44
F-27	102400	46448.64	468.16	99.22	-15.26	232.87
F-28	125700	57017.52	471.20	121.00	6.53	42.64
F-29	88130	39975.77	456.00	87.67	-26.81	718.73
F-30	87720	39789.79	469.65	84.72	-29.75	885.25
Promedio de las resistencias a compresión	Fum			Kg/cm ²	114.48	
Coefficiente de variación	$\Sigma(fi-fum)^2$			(Kg/cm ²) ²	37657.80	
	$\Sigma(fi-fum) / n-1$			(Kg/cm ²) ²	1298.54	
	$\sqrt{(\Sigma(fi-fum) / n-1)}$			Kg/cm ²	36.04	
	δm			-	0.31	
Resistencia característica a la compresión	f'u			Kg/cm ²	67.63	

Fuente: Elaboración Propia.

5.4. Plantel San Francisco

5.4.1. Contenido de Humedad.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de contenido de humedad de esta fábrica.

Tabla 39 Contenido de Humedad, Plantel San Francisco

Contenido de Humedad			
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)			
Ensaye	1	2	3
Identificación de la tara	SM-4	PT-13	V-18
Peso de la tara	164.50	170.50	161.60
Peso de la tara + muestra húmeda	606.10	622.80	562.90
Peso de Muestra húmeda (Wh)	441.60	452.30	401.30
Peso de la tara + muestra seca	581.90	599.90	541.60
Peso de Muestra seca (Ws)	417.40	429.40	380.00
Peso del Agua Contenida	24.20	22.90	21.30
Contenido de Humedad	5.80%	5.33%	5.61%
Contenido de Humedad Promedio	5.58%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.4.2. Granulometría.

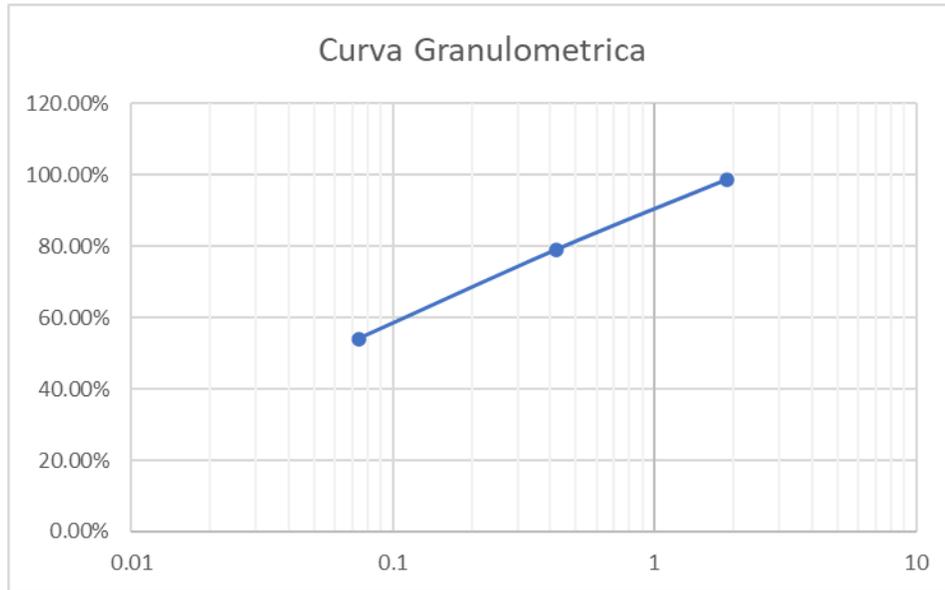
Para realizar el análisis granulométrico de esta fábrica y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 40 Análisis Granulométrico, Plantel San Francisco

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				91.9
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	2.60	1.30%	1.30%	98.70%
40	39.50	19.75%	21.05%	78.95%
200	49.80	24.90%	45.95%	54.05%
Pasa 200	108.10	54.05%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 7 Curva Granulométrica A, Plantel San Francisco



Fuente: Elaboración Propia.

5.4.3. Límites de Consistencia de Atterberg

Para la determinación de los límites de consistencia, se tomó una muestra del material y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento

Tabla 41 Limite Liquido, Plantel San Francisco

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL= 29.4%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	19	24	30
Identificación de la tara	H-5	H-12	H-15
Peso de la tara	21.70	22.20	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	42.70	43.50	41.70
Peso de Muestra húmeda (Wh)	21.00	21.30	19.80
Peso de la tara + muestra seca	38.10	38.20	37.40
Peso de Muestra seca (Ws)	15.90	16.50	15.50
Peso del Agua Contenida	5.10	4.80	4.30
Contenido de Humedad	32.08%	29.09%	27.74%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 42 Limite Plástico, Plantel San Francisco

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	B-06	B-110
Peso de la tara	21.80	22.00
Peso de la tara + muestra húmeda	26.70	26.90
Peso de Muestra húmeda (Wh)	4.90	4.90
Peso de la tara + muestra seca	25.80	26.00
Peso de Muestra seca (Ws)	4.00	4.00
Peso del Agua Contenida	0.90	0.90
Contenido de Humedad	22.50%	22.50%
Límite Plástico	22.50%	

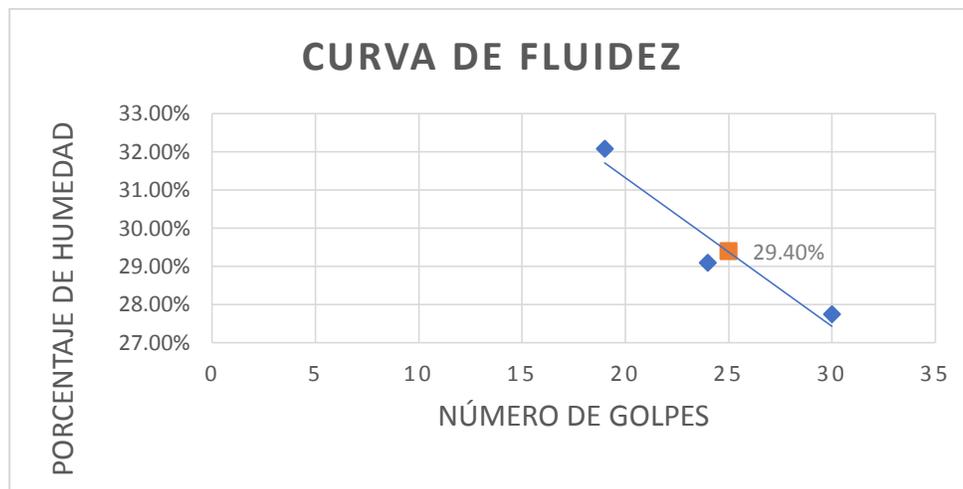
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 43 Índice de Plasticidad, Plantel San Francisco

INDICE PLÁSTICO (ID)	6.90%
Baja Plasticidad	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 8 Curva de Fluidez A, Plantel San Francisco



Fuente: Elaboración Propia.

5.4.4. Clasificación de Suelo.

Se realizó la clasificación de suelo de muestra, por dos métodos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Sistema AASHTO. Para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 44 Clasificación de Suelo, Plantel San Francisco

CLASIFICACIÓN DE SUELOS			
SUCS	LIMO CON ARENA		Símbolo del grupo ML
AASHTO	SUELO LIMOSO	A-4	Índice de Grupo 0

Fuente: Elaboración Propia.

5.4.5. Porcentaje de Absorción en 24 horas.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Porcentaje de Absorción en 24 horas de esta fábrica.

Tabla 45 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Plantel San Francisco

Porcentaje de Absorción en 24 horas				
(peso en gramos)		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Ws	Peso Seco	4570.9	4527.1	4567.5
Wsum	Peso Sumergido	3565.2	3553.8	3578.9
Wsss	Peso Saturado Superficialmente Seco	6251.3	5603.3	5584.6
%A (24H)		47.13%	30.28%	28.42%
Promedio		35.28%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.4.6 Peso Volumétrico.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Peso Volumétrico de esta fábrica.

Tabla 46 Peso Volumétrico, Plantel San Francisco

Peso Volumétrico		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Volumen	cm ³	3033.225	3171.300	3183.700
	m ³	0.00303	0.00317	0.00318
Peso	gr	4343.000	4597.800	4754.600
	kg	4.343	4.598	4.755
PV (kg/m³)		1431.809	1449.816	1493.420
Promedio		1458.348		

Fuente: Elaboración Propia.

5.4.6. Resistencia a la Compresión.

A continuación, se muestra los datos y resultados correspondientes para determinar la Resistencia a la Compresión de los mampuestos.

Tabla 47 Resistencia a la Compresión, Plantel San Francisco

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)(fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ²) ²
SF-1	135200	61326.72	471.12	130.17	32.35	1046.49
SF-2	136100	61734.96	465.08	132.74	34.92	1219.26
SF-3	138900	63005.04	469.7	134.14	36.32	1318.87
SF-4	118900	53933.04	472.75	114.08	16.26	264.42
SF-5	120800	54794.88	475.8	115.16	17.34	300.71
SF-6	120400	54613.44	486.64	112.23	14.40	207.44
SF-7	100700	45677.52	469.7	97.25	-0.57	0.33
SF-8	106700	48399.12	483.56	100.09	2.27	5.14
SF-9	104300	47310.48	930.24	50.86	-46.96	2205.65
SF-10	101100	45858.96	491.2	93.36	-4.46	19.91
SF-11	101200	45904.32	475.85	96.47	-1.35	1.84
SF-12	101100	45858.96	478.92	95.75	-2.07	4.28
SF-13	101000	45813.6	474.3	96.59	-1.23	1.51
SF-14	93010	42189.336	465	90.73	-7.09	50.31
SF-15	92760	42075.936	477.36	88.14	-9.68	93.70
SF-16	104200	47265.12	468.16	100.96	3.14	9.84
SF-17	101200	45904.32	468.16	98.05	0.23	0.05
SF-18	101200	45904.32	468.16	98.05	0.23	0.05
SF-19	100900	45768.24	472.75	96.81	-1.01	1.02
SF-20	87380	39635.568	459.04	86.34	-11.48	131.75
SF-21	92460	41939.856	441.04	95.09	-2.73	7.45
SF-22	104400	47355.84	465.08	101.82	4.00	16.00
SF-23	83710	37970.856	489.8	77.52	-20.30	412.07
SF-24	82130	37254.168	460.56	80.89	-16.93	286.75
SF-25	106900	48489.84	443.94	109.23	11.40	130.04
SF-26	81760	37086.336	468	79.24	-18.58	345.16
SF-27	90820	41195.952	465	88.59	-9.23	85.18
SF-28	92510	41962.536	475.8	88.19	-9.63	92.72
SF-29	94460	42847.056	474.3	90.34	-7.49	56.03

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)(fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ²) ²
SF-30	102100	46312.56	483.6	95.77	-2.06	4.23
Promedio de las resistencias a compresión		Fum		Kg/cm ²	97.82	
Coeficiente de variación		$\Sigma(fi-fum)^2$		(Kg/cm ²) ²	8318.18	
		$\Sigma(fi-fum) / n-1$		(Kg/cm ²) ²	286.83	
		$\sqrt{\Sigma(fi-fum) / n-1}$		Kg/cm ²	16.94	
		δm		-	0.17	
Resistencia característica a la compresión		f'u		Kg/cm ²	75.81	

Fuente: Elaboración Propia.

5.5. Plantel Los Reyes

5.5.1. Contenido de Humedad.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de contenido de humedad de esta fábrica.

Tabla 48 Contenido de Humedad, Plantel Los Reyes

Contenido de Humedad			
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)			
Ensaye	1	2	3
Identificación de la tara	A-12	IM-R	JG1
Peso de la tara	41.80	32.20	25.60
Peso de la tara + muestra húmeda	211.70	249.40	263.20
Peso de Muestra húmeda (Wh)	169.90	217.20	237.60
Peso de la tara + muestra seca	191.40	224.60	235.60
Peso de Muestra seca (Ws)	149.60	192.40	210.00
Peso del Agua Contenida	20.30	24.80	27.60
Contenido de Humedad	13.57%	12.89%	13.14%
Contenido de Humedad Promedio	13.20%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.5.2. Granulometría.

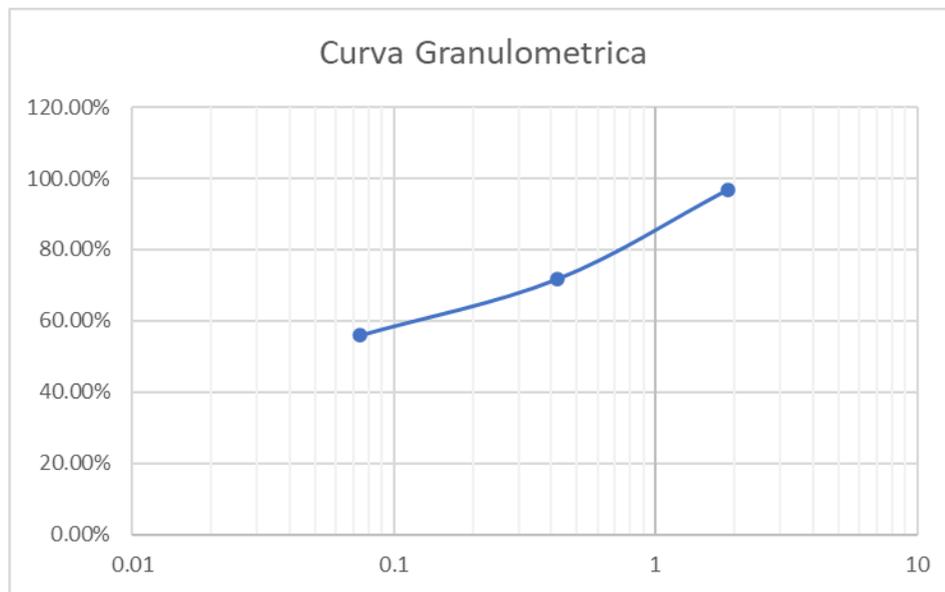
Para realizar el análisis granulométrico de esta fábrica y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 49 Análisis Granulométrico, Plantel Los Reyes

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				88.1
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	6.30	3.15%	3.15%	96.85%
40	50.30	25.15%	28.30%	71.70%
200	31.50	15.75%	44.05%	55.95%
Pasa 200	111.90	55.95%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 9 Curva Granulométrica A, Plantel Los Reyes



Fuente: Elaboración Propia.

5.5.3. Límites de Consistencia de Atterberg

Para la determinación de los límites de consistencia, se tomó una muestra del material y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 50 Limite Liquido, Plantel Los Reyes

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=38%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	19	22	28
Identificación de la tara	A-04	A-08	A-21
Peso de la tara	21.50	21.60	22.10
Peso de la tara + muestra húmeda	39.90	40.40	41.00
Peso de Muestra húmeda (Wh)	18.40	18.80	18.90
Peso de la tara + muestra seca	34.70	35.10	35.90
Peso de Muestra seca (Ws)	13.20	13.50	13.80
Peso del Agua Contenida	5.20	5.30	5.10
Contenido de Humedad	39.39%	39.26%	36.96%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 51 Limite Plástico, Plantel Los Reyes

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	H-12	H-15
Peso de la tara	22.10	22.00
Peso de la tara + muestra húmeda	27.60	27.50
Peso de Muestra húmeda (Wh)	5.50	5.50
Peso de la tara + muestra seca	26.20	26.10
Peso de Muestra seca (Ws)	4.10	4.10
Peso del Agua Contenida	1.40	1.40
Contenido de Humedad	34.15%	34.15%
Límite Plástico	34.15%	

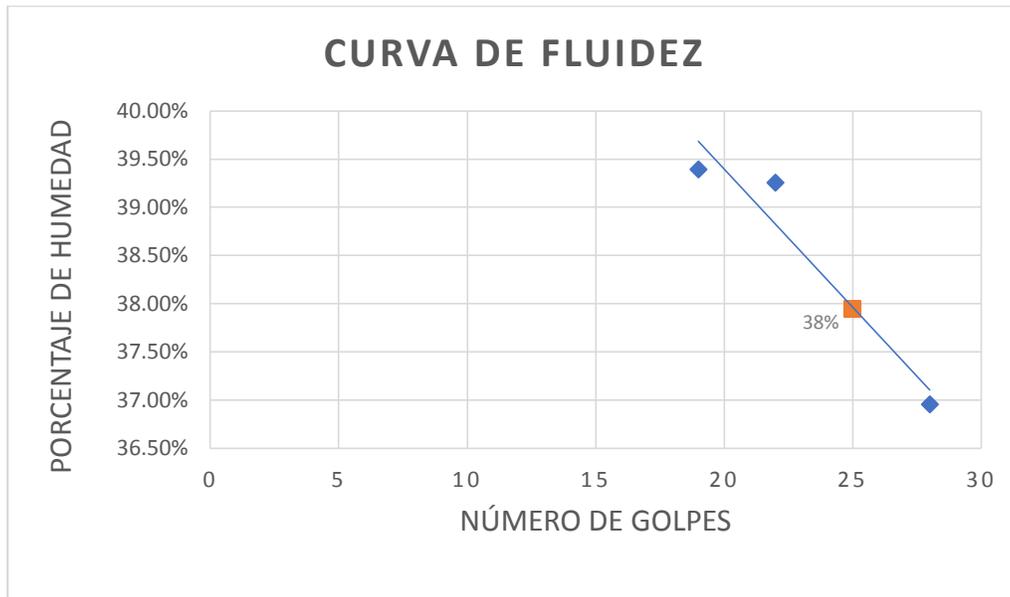
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 52 Índice de Plasticidad, Plantel Los reyes

INDICE PLÁSTICO (ID)	3.85%
Baja Plasticidad	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 10 Curva de Fluidez A, Plantel Los Reyes



Fuente: Elaboración Propia.

5.5.4. Clasificación de Suelo.

Se realizó la clasificación de suelo de muestra, por dos métodos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Sistema AASHTO. Para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 53 Clasificación de Suelo, Plantel Los Reyes

CLASIFICACIÓN DE SUELOS				
SUCS	LIMO CON ARENA		Símbolo del grupo	ML
AASHTO	SUELO LIMOSO	A-4	Índice de Grupo	0

Fuente: Elaboración Propia.

5.5.5. Porcentaje de Absorción en 24 horas.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Porcentaje de Absorción en 24 horas de esta fábrica.

Tabla 54 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Plantel Los Reyes

Porcentaje de Absorción en 24 horas				
(peso en gramos)		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Ws	Peso Seco	4527.7	5433.1	5540.2
Wsum	Peso Sumergido	3592.7	4053.3	4082.9
Wsss	Peso Saturado Superficialmente Seco	5618.6	6717.2	6891.5
%A (24H)		30.36%	31.68%	33.10%
Promedio		31.71%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.5.6. Peso Volumétrico.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Peso Volumétrico de esta fábrica.

Tabla 55 Peso Volumétrico, Plantel Los Reyes

Peso Volumétrico		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Volumen	cm ³	3616.080	3569.720	3698.464
	m ³	0.00362	0.00357	0.00370
Peso	gr	5419.700	5488.600	5391.200
	kg	5.420	5.489	5.391
PV (kg/m³)		1498.778	1537.544	1457.686
Promedio		1498.002		

Fuente: Elaboración Propia.

5.5.7. Resistencia a la Compresión.

A continuación, se muestra los datos y resultados correspondientes para determinar la Resistencia a la Compresión de los mampuestos.

Tabla 56 Resistencia a Compresión, Plantel Los Reyes

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)(fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ²) ²
R-1	79840	36215.42	474.14	76.38	-7.59	57.61
R-2	64710	29352.46	469.70	62.49	-21.48	461.36
R-3	62530	28363.61	471.12	60.20	-23.77	564.85
R-4	75600	34292.16	462.00	74.23	-9.75	94.98
R-5	80460	36496.66	471.20	77.45	-6.52	42.47
R-6	90480	41041.73	477.36	85.98	2.01	4.02

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)(fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ²) ²
R-7	85290	38687.54	448.50	86.26	2.29	5.24
R-8	61020	27678.67	474.30	58.36	-25.61	656.10
R-9	47160	21391.78	460.46	46.46	-37.51	1407.29
R-10	76080	34509.89	469.70	73.47	-10.50	110.23
R-11	87390	39640.10	468.18	84.67	0.70	0.49
R-12	76380	34645.97	463.54	74.74	-9.23	85.18
R-13	59810	27129.82	471.24	57.57	-26.40	696.97
R-14	74940	33992.78	472.75	71.90	-12.07	145.61
R-15	98470	44665.99	477.36	93.57	9.60	92.11
R-16	78030	35394.41	601.40	58.85	-25.12	630.91
R-17	149200	67677.12	466.55	145.06	61.09	3731.67
R-18	115100	52209.36	468.16	111.52	27.55	758.95
R-19	74940	33992.78	463.54	73.33	-10.64	113.17
R-20	72140	32722.70	463.54	70.59	-13.38	178.98
R-21	62280	28250.21	480.48	58.80	-25.18	633.80
R-22	130800	59330.88	466.44	127.20	43.23	1868.67
R-23	95490	43314.26	477.28	90.75	6.78	45.98
R-24	47220	21418.99	475.80	45.02	-38.95	1517.45
R-25	71260	32323.54	468.18	69.04	-14.93	222.92
R-26	72660	32958.58	465.00	70.88	-13.09	171.42
R-27	113100	51302.16	462.00	111.04	27.07	732.91
R-28	62460	28331.86	165.24	171.46	87.49	7654.08
R-29	123200	55883.52	462.00	120.96	36.99	1368.17
R-30	115200	52254.72	471.20	110.90	26.93	725.00
Promedio de las resistencias a compresión			Fum	Kg/cm ²	83.97	
Coefficiente de variación			$\Sigma(fi-fum)^2$	(Kg/cm ²) ²	24778.57	
			$\Sigma(fi-fum) / n-1$	(Kg/cm ²) ²	854.43	
			$\sqrt{\Sigma(fi-fum) / n-1}$	Kg/cm ²	29.23	
			δm	-	0.35	
Resistencia característica a la compresión			f'u	Kg/cm ²	45.97	

Fuente: Elaboración Propia.

5.6. Plantel Los García

5.6.1. Contenido de Humedad.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de contenido de humedad de esta fábrica.

Tabla 57 Contenido de Humedad, Plantel Los García

Contenido de Humedad			
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)			
Ensaye	1	2	3
Identificación de la tara	TC-2	A-70	A-22
Peso de la tara	32.20	41.20	41.10
Peso de la tara + muestra húmeda	169.30	249.00	256.00
Peso de Muestra húmeda (Wh)	137.10	207.80	214.90
Peso de la tara + muestra seca	159.20	231.30	237.50
Peso de Muestra seca (Ws)	127.00	190.10	196.40
Peso del Agua Contenida	10.10	17.70	18.50
Contenido de Humedad	7.95%	9.31%	9.42%
Contenido de Humedad Promedio	8.89%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.6.2. Granulometría.

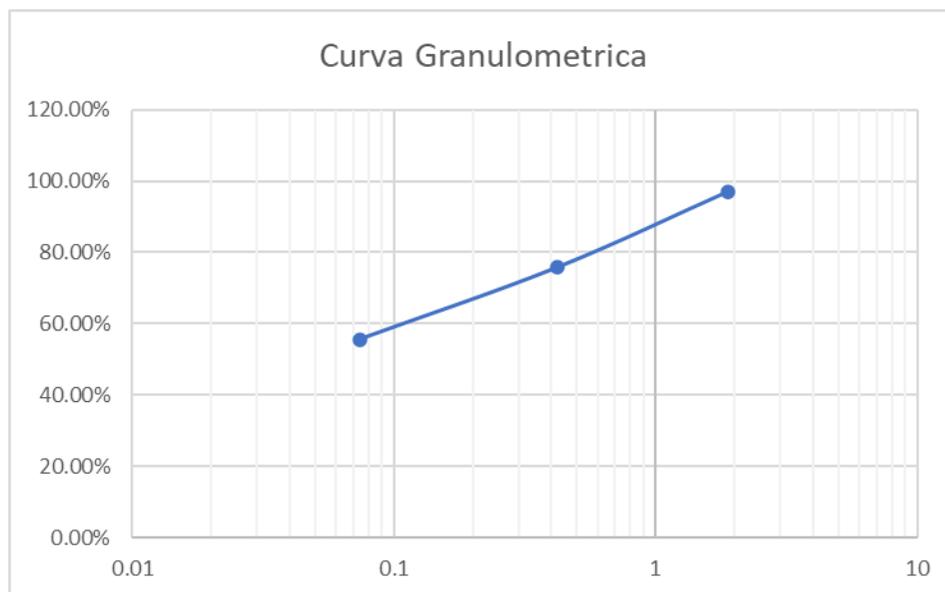
Para realizar el análisis granulométrico de esta fábrica y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 58 Análisis Granulométrico, Plantel Los García

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				88.8
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	5.80	2.90%	2.90%	97.10%
40	42.70	21.35%	24.25%	75.75%
200	40.30	20.15%	44.40%	55.60%
Pasa 200	111.20	55.60%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 11 Curva Granulométrica A, Plantel Los García



Fuente: Elaboración Propia.

5.6.3. Límites de Consistencia de Atterberg

Para la determinación de los límites de consistencia, se tomó una muestra del material y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento

Tabla 59 Limite Liquido, Plantel Los Flores

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=28.5%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	23	28	34
Identificación de la tara	H-1	H-5	H-17
Peso de la tara	22.10	21.80	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	39.90	37.50	38.50
Peso de Muestra húmeda (Wh)	17.80	15.70	16.60
Peso de la tara + muestra seca	35.90	34.10	35.00
Peso de Muestra seca (Ws)	13.80	12.30	13.10
Peso del Agua Contenida	4.00	3.40	3.50
Contenido de Humedad	28.99%	27.64%	26.72%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 60 Limite Plástico, Plantel Los García

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	B-06	B-110
Peso de la tara	21.80	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	25.80	25.90
Peso de Muestra húmeda (Wh)	4.00	4.00
Peso de la tara + muestra seca	25.20	25.30
Peso de Muestra seca (Ws)	3.40	3.40
Peso del Agua Contenida	0.60	0.60
Contenido de Humedad	17.65%	17.65%
Límite Plástico	17.65%	

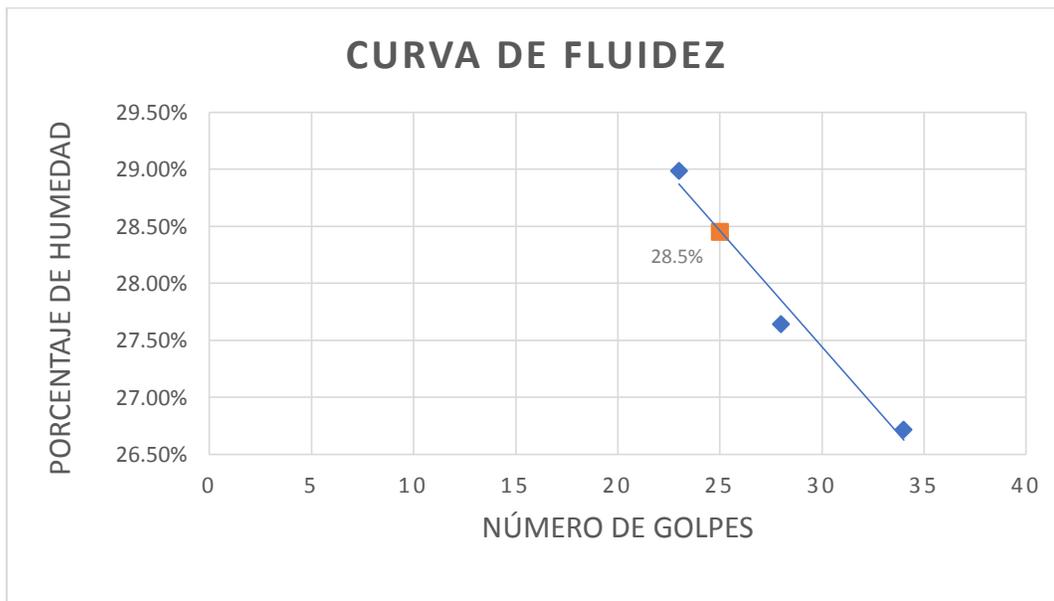
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 61 Índice de Plasticidad, Plantel Los García

INDICE PLÁSTICO (ID)	10.85%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 12 Curva de Fluidez A, Plantel Los García



Fuente: Elaboración Propia.

5.6.4. Clasificación de Suelo.

Se realizó la clasificación de suelo de muestra, por dos métodos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Sistema AASHTO. Para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 62 Clasificación de Suelo, Plantel Los García

CLASIFICACIÓN DE SUELOS				
SUCS	ARCILLA BAJA CON ARENA		Símbolo del grupo	CL
AASHTO	SUELO LIMOSO	A-4	Índice de Grupo	0

Fuente: Elaboración Propia.

5.6.5. Porcentaje de Absorción en 24 horas.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Porcentaje de Absorción en 24 horas de esta fábrica.

Tabla 63 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Plantel Los García

Porcentaje de Absorción en 24 horas				
(peso en gramos)		Ensaye 1	Ensaye 2	Ensaye 3
Ws	Peso Seco	4592.9	4503.2	4489.6
Wsum	Peso Sumergido	3650	3573.4	3570.4
Wsss	Peso Saturado Superficialmente Seco	5735.1	5606.4	5600
%A (24H)		31.29%	30.87%	31.10%
Promedio		31.09%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.6.6. Peso Volumétrico.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Peso Volumétrico de esta fábrica.

Tabla 64 Peso Volumétrico, Plantel Los García

Peso Volumétrico		Ensaye 1	Ensaye 2	Ensaye 3
Volumen	cm ³	3064.446	3012.471	3149.440
	m ³	0.00306	0.00301	0.00315
Peso	gr	4569.600	4353.900	4460.700
	kg	4.570	4.354	4.461
PV (kg/m ³)		1491.167	1445.292	1416.347
Promedio		1450.935		

Fuente: Elaboración Propia.

5.6.7. Resistencia a la Compresión.

A continuación, se muestra los datos y resultados correspondientes para determinar la Resistencia a la Compresión de los mampuestos.

Tabla 65 Resistencia a Compresión, Plantel Los García

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) (fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² (Kg/cm ²) ²
G-1	190800	86546.88	451.35	191.75	31.31	980.38
G-2	190800	86546.88	454.15	190.57	30.13	907.74
G-3	126500	57380.40	458.92	125.03	-35.41	1253.63
G-4	197700	89676.72	458.92	195.41	34.97	1222.76
G-5	274600	124558.56	455.70	273.33	112.89	12745.14
G-6	205300	93124.08	460.46	202.24	41.80	1747.34
G-7	136300	61825.68	475.41	130.05	-30.39	923.74
G-8	130500	59194.80	463.15	127.81	-32.63	1064.78
G-9	162800	73846.08	458.80	160.95	0.51	0.26
G-10	149200	67677.12	458.80	147.51	-12.93	167.22
G-11	126300	57289.68	442.50	129.47	-30.97	959.26
G-12	147900	67087.44	458.92	146.19	-14.25	203.20
G-13	177600	80559.36	461.90	174.41	13.97	195.12
G-14	94120	42692.83	464.88	91.84	-68.60	4706.50
G-15	130300	59104.08	450.00	131.34	-29.10	846.68
G-16	179700	81511.92	451.35	180.60	20.16	406.25
G-17	154100	69899.76	448.40	155.89	-4.55	20.73
G-18	183400	83190.24	455.84	182.50	22.06	486.58
G-19	223500	101379.60	449.82	225.38	64.94	4216.94
G-20	136000	61689.60	458.92	134.42	-26.02	676.87
G-21	183400	83190.24	455.84	182.50	22.06	486.58
G-22	104300	47310.48	454.30	104.14	-56.30	3169.79
G-23	150700	68357.52	457.25	149.50	-10.94	119.75

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) (fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² (Kg/cm ²) ²
G-24	104600	47446.56	454.30	104.44	-56.00	3136.15
G-25	146800	66588.48	455.94	146.05	-14.39	207.18
G-26	246800	111948.48	458.92	243.94	83.50	6972.05
G-27	84510	38333.74	446.96	85.77	-74.67	5576.31
G-28	90800	41186.88	468.00	88.01	-72.43	5246.69
G-29	133000	60328.80	454.30	132.80	-27.65	764.25
G-30	282600	128187.36	458.80	279.40	118.96	14150.73
Promedio de las resistencias a compresión	Fum		Kg/cm ²		160.44	
Coefficiente de variación	$\Sigma(fi-fum)^2$		$(Kg/cm^2)^2$		73560.62	
	$\Sigma(fi-fum) / n-1$		$(Kg/cm^2)^2$		2536.57	
	$\sqrt{\Sigma(fi-fum) / n-1}$		Kg/cm ²		50.36	
	δm		-		0.31	
Resistencia característica a la compresión	f'u		Kg/cm ²		94.97	

Fuente: Elaboración Propia.

5.7. Tejar Juan Gómez

5.7.1. Contenido de Humedad.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de contenido de humedad de esta fábrica.

Tabla 66 Contenido de Humedad, Tejar Juan Gómez

Contenido de Humedad			
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)			
Ensaye	1	2	3
Identificación de la tara	A-06	CH-M	664
Peso de la tara	41.30	170.50	48.40
Peso de la tara + muestra húmeda	263.00	223.80	211.10
Peso de Muestra húmeda (Wh)	221.70	53.30	162.70
Peso de la tara + muestra seca	254.90	221.60	204.80
Peso de Muestra seca (Ws)	213.60	51.10	156.40
Peso del Agua Contenida	8.10	2.20	6.30
Contenido de Humedad	3.79%	4.31%	4.03%
Contenido de Humedad Promedio	4.04%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.7.2. Granulometría.

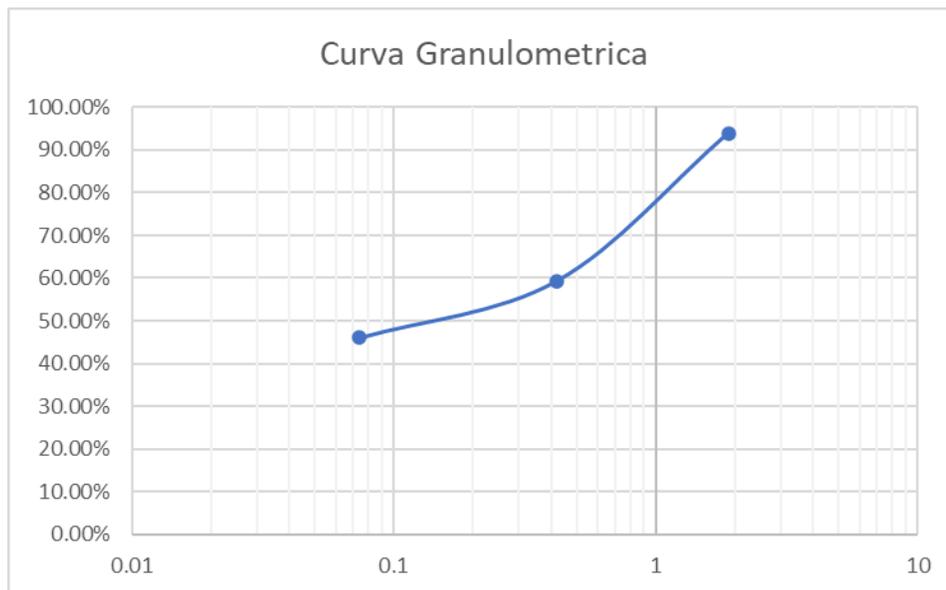
Para realizar el análisis granulométrico de esta fábrica y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 67 Análisis Granulométrico, Tejar Juan Gómez

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				107.9
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	12.30	6.15%	6.15%	93.85%
40	69.00	34.50%	40.65%	59.35%
200	26.60	13.30%	53.95%	46.05%
Pasa 200	92.10	46.05%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 13 Curva Granulométrica A, Tejar Juan Gómez



Fuente: Elaboración Propia.

5.7.3. Límites de Consistencia de Atterberg

Para la determinación de los límites de consistencia, se tomó una muestra del material y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 68 Limite Liquido, Tejar Juan Gómez

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=31%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	22	25	33
Identificación de la tara	A-02	A-21	B-06
Peso de la tara	22.10	22.20	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	40.70	38.40	39.90
Peso de Muestra húmeda (Wh)	18.60	16.20	18.00
Peso de la tara + muestra seca	36.20	34.60	35.80
Peso de Muestra seca (Ws)	14.10	12.40	13.90
Peso del Agua Contenida	4.50	3.80	4.10
Contenido de Humedad	31.91%	30.65%	29.50%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 69 Limite Plástico, Tejar Juan Gómez

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	LS-1	LS-6
Peso de la tara	22.50	21.50
Peso de la tara + muestra húmeda	25.80	24.80
Peso de Muestra húmeda (Wh)	3.30	3.30
Peso de la tara + muestra seca	25.20	24.20
Peso de Muestra seca (Ws)	2.70	2.70
Peso del Agua Contenida	0.60	0.60
Contenido de Humedad	22.22%	22.22%
Límite Plástico	22.22%	

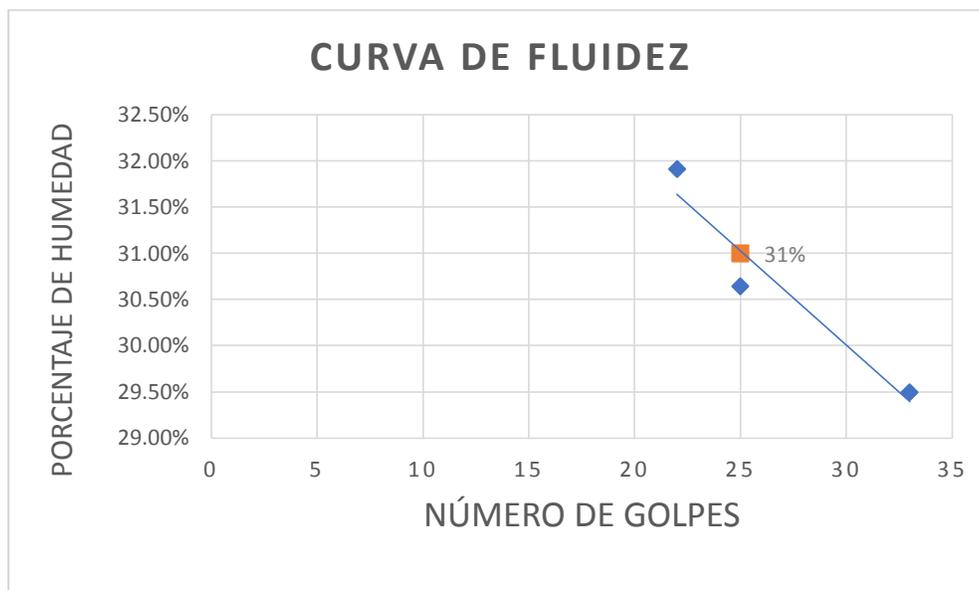
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 70 Índice de Plasticidad, Tejar Juan Gómez

INDICE PLÁSTICO (ID)	8.78%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 14 Curva de Fluidez A, Tejar Juan Gómez



Fuente: Elaboración Propia.

5.7.4. Clasificación de Suelo.

Se realizó la clasificación de suelo de muestra, por dos métodos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Sistema AASHTO. Para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 71 Clasificación de Suelo, Tejar Juan Gómez

CLASIFICACIÓN DE SUELOS				
SUCS	ARCILLA BAJA		Símbolo del grupo	CL
AASHTO	SUELO LIMOSO	A-4	Índice de Grupo	0

Fuente: Elaboración Propia.

5.7.5. Porcentaje de Absorción en 24 horas.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Porcentaje de Absorción en 24 horas de esta fábrica.

Tabla 72 Porcentaje de Absorción en 24 horas, Tejar Juan Gómez

Porcentaje de Absorción en 24 horas				
(peso en gramos)		Ensaye 1	Ensaye 2	Ensaye 3
Ws	Peso Seco	4656.2	5088.6	4508.9
Wsum	Peso Sumergido	3899.2	3539.4	3442
Wsss	Peso Saturado Superficialmente Seco	6319.9	5922.5	5761.1
%A (24H)		42.67%	23.56%	36.38%
Promedio		34.20%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.7.6. Peso Volumétrico.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Peso Volumétrico de esta fábrica.

Tabla 73 Peso Volumétrico, Tejar Juan Gómez

Peso Volumétrico		Ensaye 1	Ensaye 2	Ensaye 3
Volumen	cm ³	3277.120	3494.400	3330.912
	m ³	0.00328	0.00349	0.00333
Peso	gr	4834.000	4611.200	4560.300
	kg	4.834	4.611	4.560
PV (kg/m³)		1475.076	1319.597	1369.085
Promedio		1387.919		

Fuente: Elaboración Propia.

5.7.7. Resistencia a la Compresión.

A continuación, se muestra los datos y resultados correspondientes para determinar la Resistencia a la Compresión de los mampuestos.

Tabla 74 Resistencia a Compresión, Tejar Juan Gómez

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)(fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ²) ²
JG-1	183600	83280.96	492.9	168.96	49.66	2465.99
JG-2	67680	30699.65	477.36	64.31	-54.99	3024.02
JG-3	102000	46267.20	486.72	95.06	-24.24	587.73
JG-4	124900	56654.64	497.69	113.84	-5.47	29.89
JG-5	122000	55339.20	494.52	111.90	-7.40	54.72
JG-6	190200	86274.72	505.6	170.64	51.34	2635.37
JG-7	141200	64048.32	478.92	133.73	14.43	208.30
JG-8	179000	81194.40	481.99	168.46	49.15	2416.14

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)(fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ²) ²
JG-9	112000	50803.20	474.32	107.11	-12.19	148.72
JG-10	100800	45722.88	471.24	97.03	-22.28	496.20
JG-11	160400	72757.44	465.12	156.43	37.12	1378.25
JG-12	137600	62415.36	475.86	131.16	11.86	140.68
JG-13	161900	73437.84	478.85	153.36	34.06	1160.12
JG-14	76920	34890.91	477.4	73.09	-46.22	2136.02
JG-15	79310	35975.02	486.64	73.93	-45.38	2059.08
JG-16	128500	58287.60	481.99	120.93	1.63	2.65
JG-17	59030	26776.01	480.48	55.73	-63.57	4041.75
JG-18	117300	53207.28	474.32	112.18	-7.13	50.79
JG-19	153300	69536.88	456	152.49	33.19	1101.63
JG-20	94040	42656.54	480.42	88.79	-30.51	931.00
JG-21	108300	49124.88	449.92	109.19	-10.12	102.35
JG-22	179000	81194.40	486.64	166.85	47.54	2260.48
JG-23	166500	75524.40	481.99	156.69	37.39	1398.05
JG-24	49030	22240.01	469.71	47.35	-71.95	5177.38
JG-25	131500	59648.40	480.32	124.18	4.88	23.84
JG-26	100100	45405.36	474	95.79	-23.51	552.74
JG-27	112300	50939.28	482.04	105.67	-13.63	185.72
JG-28	128400	58242.24	481.9	120.86	1.56	2.42
JG-29	182000	82555.20	486.54	169.68	50.38	2537.72
JG-30	143400	65046.24	486.54	133.69	14.39	207.04
Promedio de las resistencias a compresión				Fum	Kg/cm ²	119.30
Coefficiente de variación				$\Sigma(fi-fum)^2$	(Kg/cm ²) ²	37516.81
				$\Sigma(fi-fum) / n-1$	(Kg/cm ²) ²	1293.68
				$\sqrt{\Sigma(fi-fum) / n-1}$	Kg/cm ²	35.97
				δm	-	0.30
Resistencia característica a la compresión				f'u	Kg/cm ²	72.54

Fuente: Elaboración Propia.

5.8. Tejar Cabo de Hornos

5.8.1. Contenido de Humedad.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de contenido de humedad de esta fábrica.

Tabla 75 Contenido de Humedad, Tejar Cabo de Hornos

Contenido de Humedad			
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)			
Ensaye	1	2	3
Identificación de la tara	KR-10	R-22	D-33
Peso de la tara	54.00	54.30	53.60
Peso de la tara + muestra húmeda	275.40	265.60	273.10
Peso de Muestra húmeda (Wh)	243.20	224.40	232.00
Peso de la tara + muestra seca	240.60	231.60	239.00
Peso de Muestra seca (Ws)	208.40	190.40	197.90
Peso del Agua Contenida	34.80	34.00	34.10
Contenido de Humedad	16.70%	17.86%	17.23%
Contenido de Humedad Promedio	17.26%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.8.2. Granulometría.

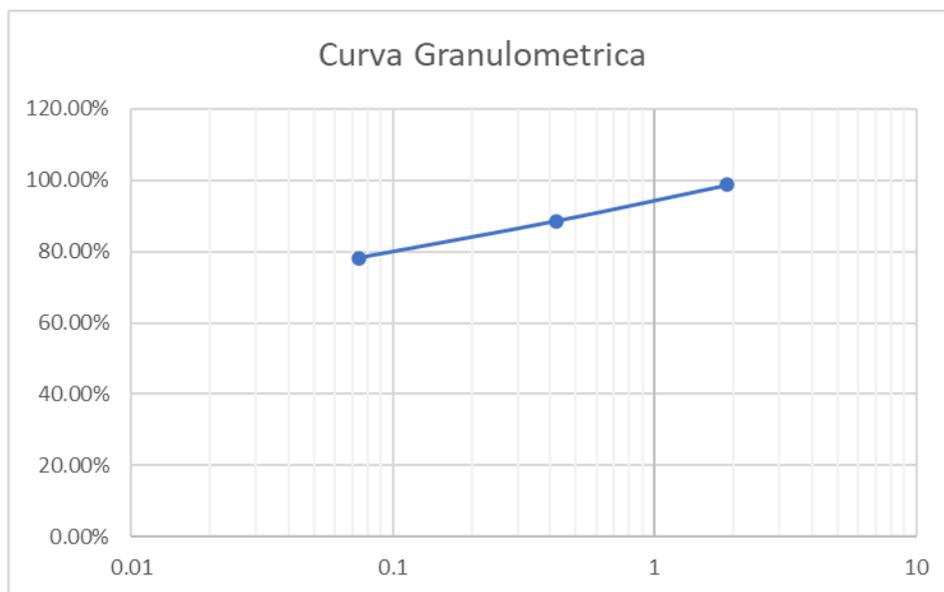
Para realizar el análisis granulométrico de esta fábrica y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 76 Análisis Granulométrico, Tejar Cabo de Hornos

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				43.7
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	2.60	1.30%	1.30%	98.70%
40	20.30	10.15%	11.45%	88.55%
200	20.80	10.40%	21.85%	78.15%
Pasa 200	156.30	78.15%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 15 Curva Granulométrica A, Tejar Cabo de Hornos



Fuente: Elaboración Propia.

5.8.3. Límites de Consistencia de Atterberg

Para la determinación de los límites de consistencia, se tomó una muestra del material y para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 77 Limite Liquido, Tejar Cabo de Hornos

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=38%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	17	28	31
Identificación de la tara	A-01	A-02	A-10
Peso de la tara	21.00	21.30	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	41.20	44.10	38.40
Peso de Muestra húmeda (Wh)	20.20	22.80	16.50
Peso de la tara + muestra seca	35.20	37.90	34.20
Peso de Muestra seca (Ws)	14.20	16.60	12.30
Peso del Agua Contenida	6.00	6.20	4.20
Contenido de Humedad	42.25%	37.35%	34.15%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 78 Limite Plástico, Tejar Cabo de Hornos

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	D-01	D-03
Peso de la tara	21.60	22.00
Peso de la tara + muestra húmeda	24.50	24.90
Peso de Muestra húmeda (Wh)	2.90	2.90
Peso de la tara + muestra seca	23.90	24.30
Peso de Muestra seca (Ws)	2.30	2.30
Peso del Agua Contenida	0.60	0.60
Contenido de Humedad	26.09%	26.09%
Límite Plástico	26.09%	

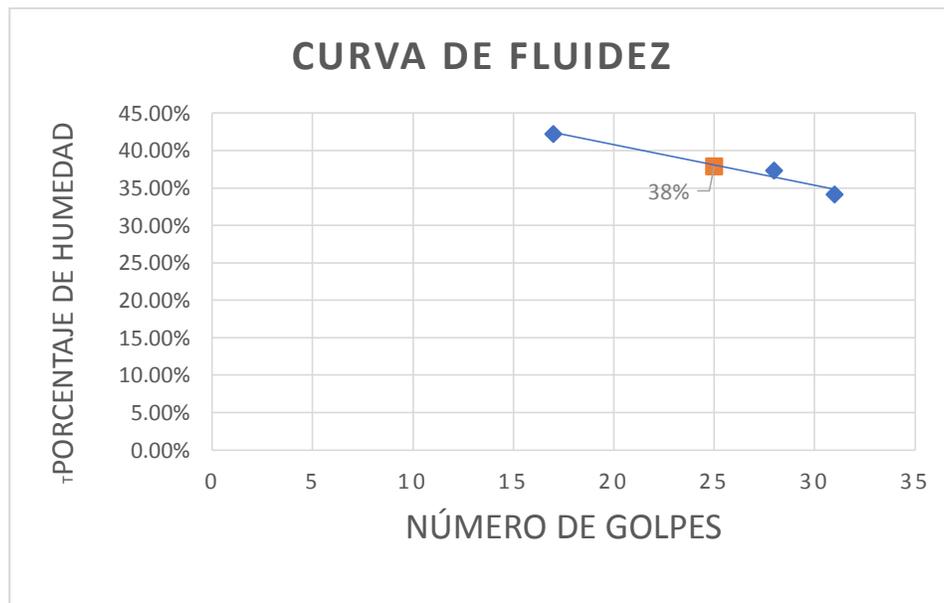
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 79 Índice de Plasticidad, Tejar Cabo de Horno

INDICE PLÁSTICO (ID)	11.91%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 16 Curva de Fluidez A, Tejar Cabo de Horno



Fuente: Elaboración Propia.

5.8.4. Clasificación de Suelo.

Se realizó la clasificación de suelo de muestra, por dos métodos: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Sistema AASHTO. Para mayor exactitud, se realizaron dos procesos de análisis, a continuación, se muestra el comportamiento obtenido y el segundo proceso está ubicado en el Anexo 2 de este documento.

Tabla 80 Análisis Granulométrico, Tejar Cabo de Hornos

CLASIFICACIÓN DE SUELOS				
SUCS	LIMO		Símbolo del grupo	ML
AASHTO	SUELO ARCILLOSO	A-6	Índice de Grupo	0

Fuente: Elaboración Propia.

5.8.5. Porcentaje de Absorción en 24 horas.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Porcentaje de Absorción en 24 horas de esta fábrica.

Tabla 81 Porcentaje de Absorción en 24 Horas, Tejar Cabo de Hornos

Porcentaje de Absorción en 24 horas				
(peso en gramos)		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Ws	Peso Seco	4609.4	4732.7	4875.8
Wsum	Peso Sumergido	3592.2	3651.7	3741.1
Wsss	Peso Saturado Superficialmente Seco	5888.4	5953.3	6104.2
%A (24H)		35.60%	33.43%	32.84%
Promedio		33.96%		

Fuente: Elaboración Propia.

5.8.6. Peso Volumétrico.

A continuación, se muestran los datos y resultados correspondientes a la prueba de Peso Volumétrico de esta fábrica.

Tabla 82 Peso Volumétrico, Tejar Juan Gómez

Peso Volumétrico		Ensaye 1	Ensaye 2	Ensaye 3
Volumen	cm ³	3369.600	3430.260	3303.360
	m ³	0.00337	0.00343	0.00330
Peso	gr	4889.900	4618.500	4716.900
	kg	4.890	4.619	4.717
PV (kg/m ³)		1451.181	1346.399	1427.910
Promedio		1408.497		

Fuente: Elaboración Propia.

5.8.7. Resistencia a la Compresión.

A continuación, se muestra los datos y resultados correspondientes para determinar la Resistencia a la Compresión de los mampuestos.

Tabla 83 Resistencia a Compresión, Tejar Cabo de Hornos

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)(fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ² ²
CH-1	125300	56836.08	448.14	126.83	13.85	191.83
CH-2	96000	43545.60	452.76	96.18	-16.80	282.18
CH-3	97400	44180.64	454.30	97.25	-15.73	247.32
CH-4	99760	45251.14	455.84	99.27	-13.71	187.87
CH-5	113700	51574.32	448.29	115.05	2.07	4.29
CH-6	168200	76295.52	453.96	168.07	55.09	3034.95
CH-7	116200	52708.32	449.82	117.18	4.20	17.64
CH-8	61580	27932.69	462.94	60.34	-52.64	2770.83
CH-9	107600	48807.36	449.82	108.50	-4.47	20.00
CH-10	76820	34845.55	458.64	75.98	-37.00	1369.03
CH-11	134800	61145.28	452.76	135.05	22.07	487.25
CH-12	85030	38569.61	453.96	84.96	-28.01	784.77
CH-13	58740	26644.46	478.59	55.67	-57.30	3283.68
CH-14	182300	82691.28	475.80	173.79	60.82	3698.82
CH-15	74610	33843.10	483.60	69.98	-42.99	1848.54
CH-16	103700	47038.32	445.23	105.65	-7.33	53.68
CH-17	119900	54386.64	449.82	120.91	7.93	62.91
CH-18	86430	39204.65	448.29	87.45	-25.52	651.40
CH-19	107100	48580.56	451.22	107.66	-5.31	28.21
CH-20	76340	34627.82	457.08	75.76	-37.22	1385.14
CH-21	108100	49034.16	452.6	108.34	-4.64	21.51
CH-22	164700	74707.92	466.55	160.13	47.15	2223.33

Identificación de Ladrillo	Carga (LbF)	Carga (Kgf)	Área de Tabla (cm ²)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)(fi)	fi-fum (Kg/cm ²)	fi-fum ² Kg/cm ²) ²
CH-23	90670	41127.91	460.46	89.32	-23.66	559.66
CH-24	138000	62596.80	452.96	138.19	25.22	635.98
CH-25	166000	75297.60	454.3	165.74	52.77	2784.46
CH-26	194900	88406.64	457.47	193.25	80.27	6444.07
CH-27	95200	43182.72	448.4	96.30	-16.67	277.96
CH-28	98900	44861.04	457.25	98.11	-14.87	220.99
CH-29	129100	58559.76	461.76	126.82	13.84	191.61
CH-30	132200	59965.92	455.84	131.55	18.57	345.00
Promedio de las resistencias a compresión						112.98
			Fum	Kg/cm ²		
Coefficiente de variación			$\Sigma(fi-fum)^2$	(Kg/cm ²) ²		34114.90
			$\Sigma(fi-fum) / n-1$	(Kg/cm ²) ²		1176.38
			$\sqrt{\Sigma(fi-fum) / n-1}$	Kg/cm ²		34.30
			δm	-		0.30
Resistencia característica a la compresión			f'u	Kg/cm ²		68.39

Fuente: Elaboración Propia.

5.9. Interpretación de Resultados

Mediante los laboratorios realizados y sus resultados obtenidos, se presentan a continuación tablas de resumen de los datos correspondientes a cada fábrica.

Los resultados obtenidos en los ensayos de contenido de humedad están en valores desde 4% hasta un 40%, esto puede variar ya que es un material manipulado y varían en sus días de extracción o su exposición al clima.

Por otra parte, en los límites de consistencia sus porcentajes varían de un 26% hasta un 60% en límite líquido y desde un 20 % hasta un 39 % en límite plástico.

Tabla 84 Resumen de Resultados Obtenidos de Límites de Atterberg

Resultados de laboratorio del material estudiado								
N°	Fábrica	Contenido de Humedad	Límite líquido		Límite plástico		Índice Plástico	
		Promedio	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2
1	San Carlos	7.26%	32.40%	32.00%	20.00%	20.83%	12.40%	11.17%
2	Santa Rosa	40.05%	30.30%	28.22%	20.59%	20.00%	9.71%	8.22%
3	Los Flores	15.25%	57.70%	60.00%	39.13%	34.78%	18.57%	25.22%
4	San Francisco	5.58%	29.40%	28.10%	22.50%	22.22%	6.90%	5.88%
5	Los Reyes	13.20%	38.00%	37.10%	36.96%	30.95%	3.85%	6.15%
6	Los García	8.89%	28.50%	26.80%	17.65%	19.61%	10.85%	7.19%
7	Juan Gómez	4.04%	31.00%	30.39%	22.22%	20.00%	8.78%	10.39%
8	Cabo de Hornos	17.26%	38.00%	39.50%	26.09%	26.92%	11.91%	12.58%

Fuente: Elaboración Propia.

En lo que respecta a la clasificación de suelo de los materiales con lo que trabajan las fábricas, logramos observar que, en general las fábricas comparten similitudes en la clasificación de suelos, predomina la arcilla baja con arena en el método SUCS y suelo limoso A-4 en el método AASHTO; exceptuando la fábrica Las Flores su clasificación es limo elástico esto quiere decir que para llegar a su punto de pasar de estado plástico a líquido necesita de mayor presencia de humedad que las demás fábricas.

Tabla 85 Resumen de Resultados Obtenidos de Clasificación de Suelo

Resultados de laboratorio del material estudiado					
N°	Fábrica	Clasificación de suelos			
		Ensayo 1		Ensayo 2	
		SUCS	AASHTO	SUCS	AASHTO
1	San Carlos	Arcilla baja con arena	Suelo arcilloso A-6	Arcilla baja con arena	Suelo Arcilloso A-6
2	Santa Rosa	Arcilla baja con arena	Suelo limoso A-4	Arcilla baja con arena	Suelo limoso A-4
3	Los Flores	Limo elástico	Suelo Arcilloso A-7-5	Limo elástico	Suelo Arcilloso A-7-5
4	San Francisco	Limo con Arena	Suelo limoso A-4	Limo con arena	Suelo limoso A-4
5	Los Reyes	Limo con Arena	Suelo limoso A-4	Limo con arena	Suelo limoso A-4
6	Los García	Arcilla baja con arena	Suelo limoso A-4	Arcilla baja con arena	Suelo limoso A-4
7	Juan Gómez	Arcilla baja	Suelo limoso A-4	Arcilla baja	Suelo limoso A-4
8	Cabo de Hornos	Limo	Suelo Arcilloso A-6	Limo	Suelo arcilloso A-6

Fuente: Elaboración Propia.

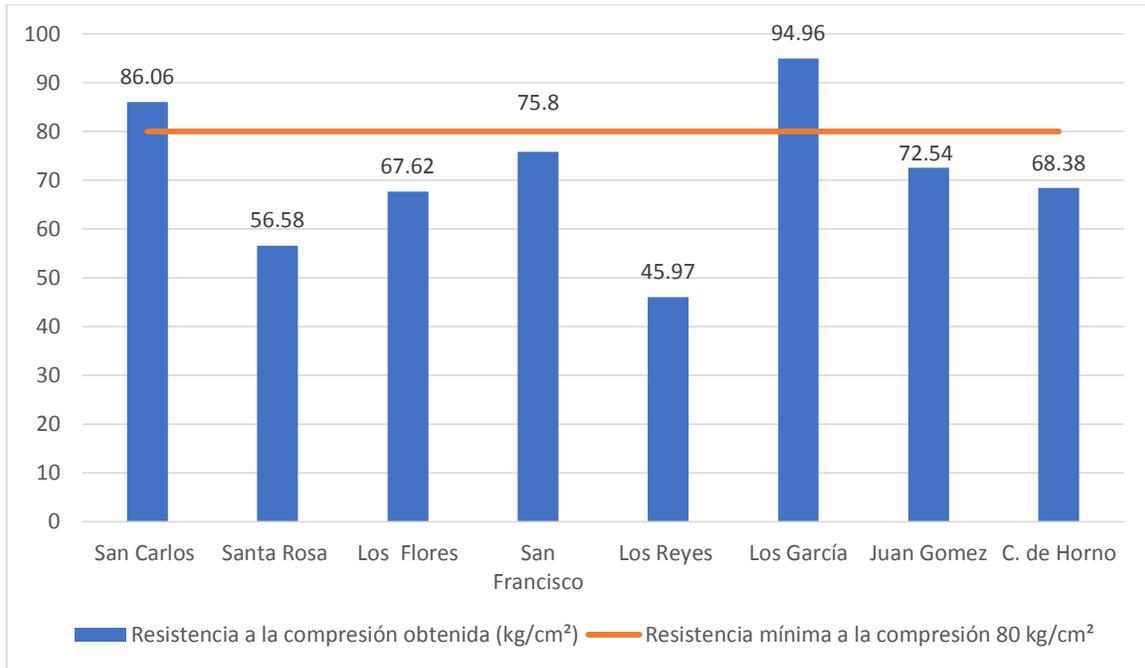
En relación a los ensayos realizados a los mampuestos tomamos como referencia la norma mexicana nmx-c-404-onncce, la cuales para los resultados de peso volumétrico todas las fábricas ensayadas están por encima del valor mínimo establecido y con referencia al ensayo de porcentaje de absorción en 24 horas, todas las fábricas a excepción de la fábrica San Carlos que está por debajo del valor máximo que rige la normativa, teniendo las otras fábricas mayor porcentaje de absorción. Esto nos da a entender que los mampuestos estudiados tienen mayor capacidad de absorción tolerable de agua debido a la porosidad que presenta el material del mampuesto. Por otra parte, en el ensayo Resistencia a la compresión solo 2 fábricas cumplen con el valor mínimo que estipula la Norma MP-001.

Tabla 86 Resumen de Resultados Obtenidos

Resultados de laboratorio de los mampuestos estudiados				
N°	Fábrica	Peso Volumétrico	Porcentaje de Absorción en 24 hrs	Resistencia característica a la compresión
		Peso Volumétrico min 1300 Kg/m ³	Porcentaje de Absorción max= 23%	Resistencia a la compresión min 80 kg/cm ²
1	San Carlos	1558.38	21.08%	86.06
2	Santa Rosa	1394.63	33.97%	56.58
3	Los Flores	1499.11	31.67%	67.62
4	San Francisco	1493.42	35.28%	75.80
5	Los Reyes	1457.68	37.71%	45.97
6	Los García	1450.935	31.09%	94.96
7	Juan Gómez	1387.91	34.20%	72.54
8	Cabo de Hornos	1408.49	33.96%	68.38

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 17 Resultados Obtenidos de cada fabrica estudiada



Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

A través del estudio realizado y los objetivos presupuestos, se puede concluir lo siguiente:

Se localizaron y estudiaron ocho fábricas artesanales de ladrillos de arcilla, que son las siguientes: Fábrica San Carlos, Ladrillera Santa Rosa, Plantel Los Flores, Plantel San Francisco, Plantel Los Reyes, Plantel Los García, Tejar Juan Gómez y Tejar Cabo de Hornos.

Mediante los laboratorios realizados, se pudo determinar y clasificar el tipo de suelo que se utiliza como materia prima, predominando los suelos arcillosos y limosos, cuya granulometría se reduce a partículas con diámetros menores al tamiz #4.

Los límites de consistencia determinados varían según la fábrica, dentro del rango de los siguientes valores: Entre 28% y 40% para Límite Líquido; Entre 17% y 30% para Límite Plástico. Exceptuando la fábrica Los Flores, donde se obtuvo valores mayores: 58% para Límite Líquido y 36% para Límite Plástico.

En relación a las unidades de ladrillos, estas fábricas no trabajan bajo ninguna normativa referente a su fabricación o rendimiento. Las fábricas San Carlos y Los García son las únicas fábricas cuyos resultados de resistencia a la compresión de mampuestos sobrepasan el valor mínimo (80 Kg/cm^2) establecido por la normativa MP001.

Los resultados obtenidos correspondiente al porcentaje de absorción de los mampuestos no cumplen el parámetro normado, ya que los valores obtenidos pasan el 23% que es valor máximo establecido en la NMX-C-037-ONNCE. Respecto al peso volumétrico todos los mampuestos ensayados cumplieron con el peso volumétrico neto mínimo indicado en la NMX-C-404-ONNCE de 1300 Kg/m^3

El proceso de Fabricación observado en cada una de las fábricas es muy similar, con leves variaciones en cuanto a tiempos de las actividades. Cada uno de los pasos es indispensable para la producción, pero sin duda el proceso principal es la homogenización de la mezcla; es acá dónde el artesano consigue que la mezcla se vuelva consistente, logrando un equilibrio que permita conservar las propiedades de la arcilla y adquiera la textura requerida para el moldeo.

6.2. Recomendaciones

Con base a todos los estudios y visitas realizadas se aportan las siguientes recomendaciones:

- Para construcciones de mampostería se recomienda el uso de las fábricas: San Carlos y Los García, ya que superan el valor mínimo de resistencia a la compresión normado por la MP-001.
- Realizar estudios estructurales para analizar el desempeño de los ladrillos como sistema constructivo.
- Tecnificar el proceso productivo de las fábricas, orientados a estandarizar y mejorar los conocimientos empíricos actuales.
- Proponer el proceso de cribado del material a los Fabricantes, a fin de mejorar la resistencia de los mampuestos.
- Mejorar las condiciones de almacenamiento de los mampuestos, de tal manera que estén totalmente protegidos de la intemperie.
- Realizar capacitaciones, a través del MTI y apoyo de la alcaldía local, a todas las fábricas; proceso en el cual sean establecidas normativas para la Fabricación de mampuestos de arcilla.
- Realizar pruebas de laboratorio periódicas que permitan conocer las variaciones en las propiedades de los mampuestos, con el fin de poseer datos comparativos de las fábricas.
- Registrar todas las fábricas activas posibles, con el fin de tener una base de datos actualizada

BIBLIOGRAFÍA

La paz centro Digital. (2020)

Nicas ladrillos. (2020)

El ladrillo de barro o de arcilla en Nicaragua. El Nuevo Diario. (2013)

CEI. Red ladrilleras. (2013).

MP001. Norma Mínima de Diseño y Construcción de Mampostería

Sánchez, I. N. (s.f.). Civil Geeks ingeniería y construcción.

Geología web.

González García, E., & Lizárraga Mendiola, L. (2015). Tesis “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de arcilla recocida, elaborados con incorporación de residuos agrícolas, caso Chiapas, México”. Mérida, México.

Gabriela Sofía Soto & Laura Patricia Sánchez, (2017), Tesis “Estudio Comparativo De La Resistencia A La Compresión, Absorción Y Dimensionamiento Del Ladrillo Rafón Producido En Quimistán, Chamelecón Y Florida, Honduras”. Tegucigalpa, Honduras.

ANEXOS

**Anexo 1 Fotografías correspondiente a los Laboratorios realizados.
Muestras a estudiar para ensayo de Contenido de humedad.**

Figura 30 Taras para ensayo de Contenido de Humedad



Fuente: Elaboración Propia.

Instrumentos utilizados en granulometría.

Figura 31 Instrumentos para ensayo de Granulometría



Fuente: Elaboración Propia.

Material seco que pasa por Tamiz N° 40 para ensayo Límites de Consistencia de Atterberg.

Figura 32 Material Seco tamizado para ensayo de Límites de Atterberg



Fuente: Elaboración Propia.

Material tamizado por los diferentes tamices de clasificación granulométrica.

Figura 33 Material Tamizado



Fuente: Elaboración Propia.

Instrumentos utilizados para límites de consistencia de Atterberg.

Figura 34 Instrumentos para ensayo de Límites de Atterberg



Fuente: Elaboración Propia.

Elaboración de ensayo Límites de Consistencia de Atterberg

Figura 35 Ensayo para Limite Liquido



Fuente: Elaboración Propia.

Corte en medio hecho por el ranurador.

Figura 36 Aparato Arturo Casagrande



Fuente: Elaboración Propia.

Amasado de material para determinación de limite plástico

Figura 37 Ensayo para Limite Plástico



Fuente: Elaboración Propia.

Muestras después de secado 24 horas en horno.

Figura 38 Muestras luego de 24 horas en el horno



Fuente: Elaboración Propia.

**Transporte de ladrillos de diferentes fábricas hacia el laboratorio de la
Universidad.**

Figura 39 Comprar de Ladrillos



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 40 Descarga de Ladrillos de Arcilla



Fuente: Elaboración Propia.

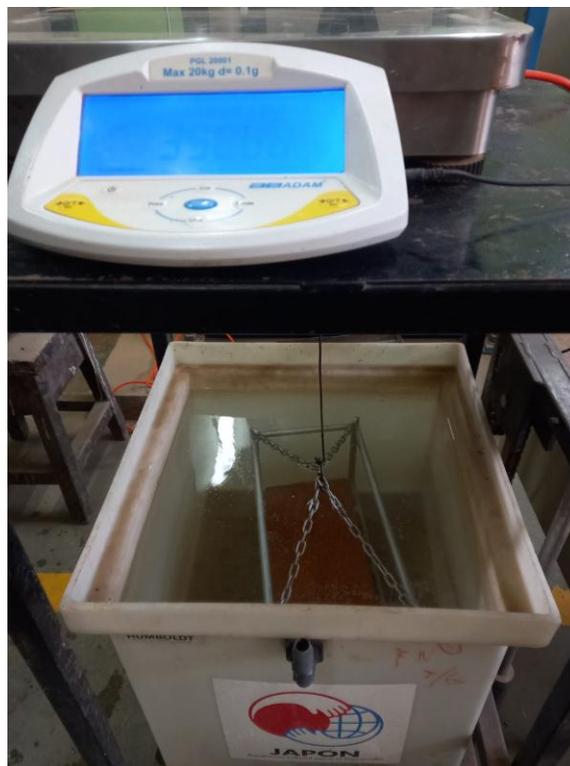
Especímenes sumergidos completamente para ensayo de Porcentaje de Absorción a 24 hrs.

Figura 41 Ensayo de Porcentaje de Absorción



Fuente: Elaboración Propia.
Ensayo de “porcentaje de Absorción”

Figura 42 Peso de Ladrillo sumergido en balanza Hidrostática



Fuente: Elaboración Propia.

Secado de excedente de agua en ensayo de Porcentaje de Absorción a 24 hrs.

Figura 43 Ladrillos Sacado luego de 24 horas en sumersión



Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo de Resistencia a la compresión

Figura 44 Ensayo de Ladrillo a Resistencia a la Compresión



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 2 Fábricas Estudiadas – Datos Recopilados de Laboratorio

Fábrica San Carlos

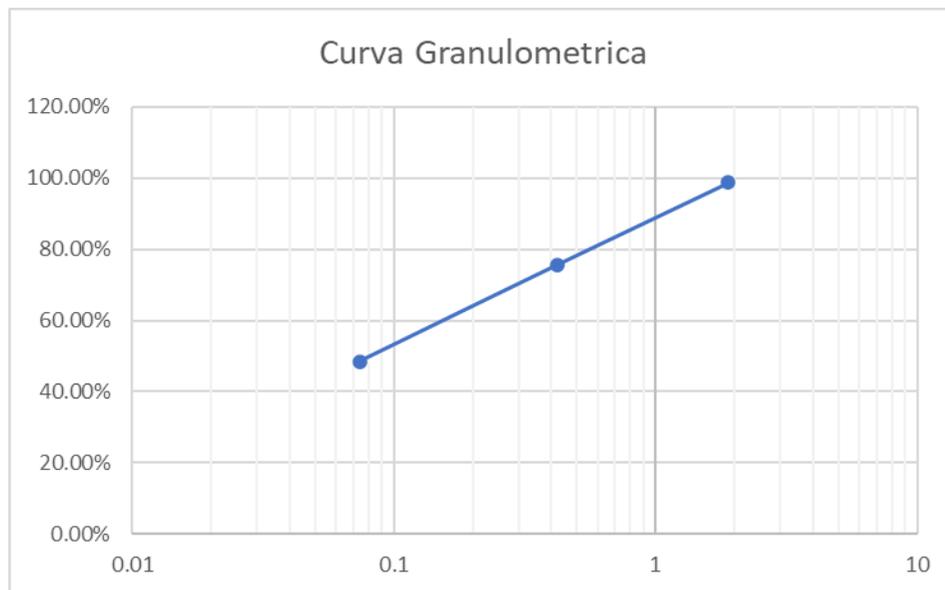
Granulometría

Tabla 87 Ensayo 2 de Granulometría, Fábrica San Carlos

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				102.9
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	2.70	1.35%	1.35%	98.65%
40	46.10	23.05%	24.40%	75.60%
200	54.10	27.05%	51.45%	48.55%
Pasa 200	97.10	48.55%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 18 Curva Granulométrica B, Fabrica San Carlos



Fuente: Elaboración Propia.

Límites de Consistencia de Atterberg

Tabla 88 Ensayo 2 de Limite Liquido, Fábrica San Carlos

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL= 32%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	21	26	34
Identificación de la tara	A-01	A-02	A-04
Peso de la tara	21.00	21.80	21.50
Peso de la tara + muestra húmeda	40.90	42.80	36.50
Peso de Muestra húmeda (Wh)	19.90	21.00	15.00
Peso de la tara + muestra seca	36.00	37.70	33.00
Peso de Muestra seca (Ws)	15.00	15.90	11.50
Peso del Agua Contenida	4.90	5.10	3.50
Peso del Agua Contenida	31.10	32.60	29.50
Límite Líquido	32.08%	30.43%	0.00%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 89 Ensayo 2 de Limite Plástico, Fábrica San Carlos

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	D-07	D-08
Peso de la tara	21.70	21.60
Peso de la tara + muestra húmeda	27.50	27.40
Peso de Muestra húmeda (Wh)	5.80	5.80
Peso de la tara + muestra seca	26.50	26.40
Peso de Muestra seca (Ws)	4.80	4.80
Peso del Agua Contenida	1.00	1.00
Contenido de Humedad	20.83%	20.83%
Límite Plástico	20.83%	

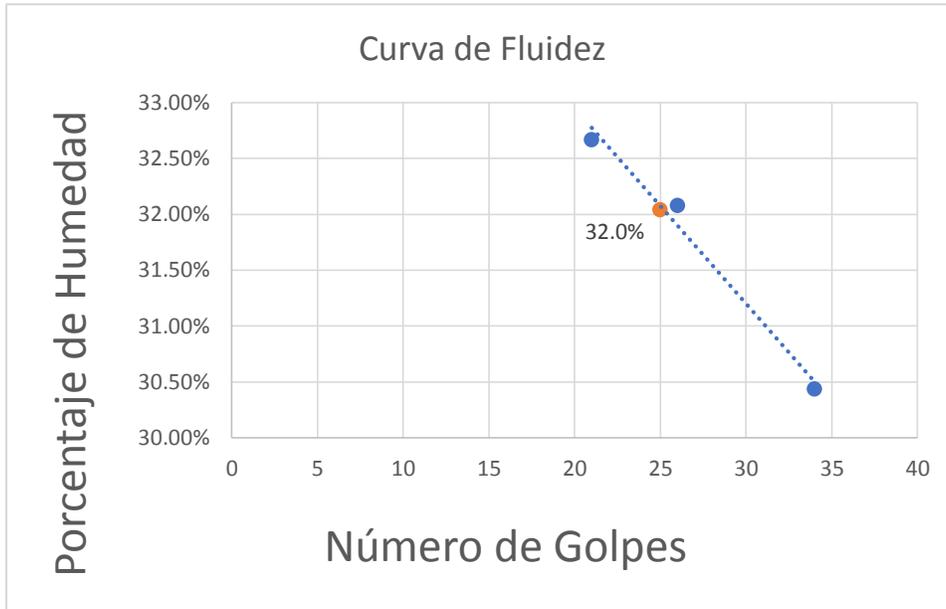
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 90 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Fábrica San Carlos

INDICE PLÁSTICO (ID)	11.17%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 19 Curva de Fluidez B, Fábrica San Carlos



Fuente: Elaboración Propia.

Ladrillera Santa Rosa

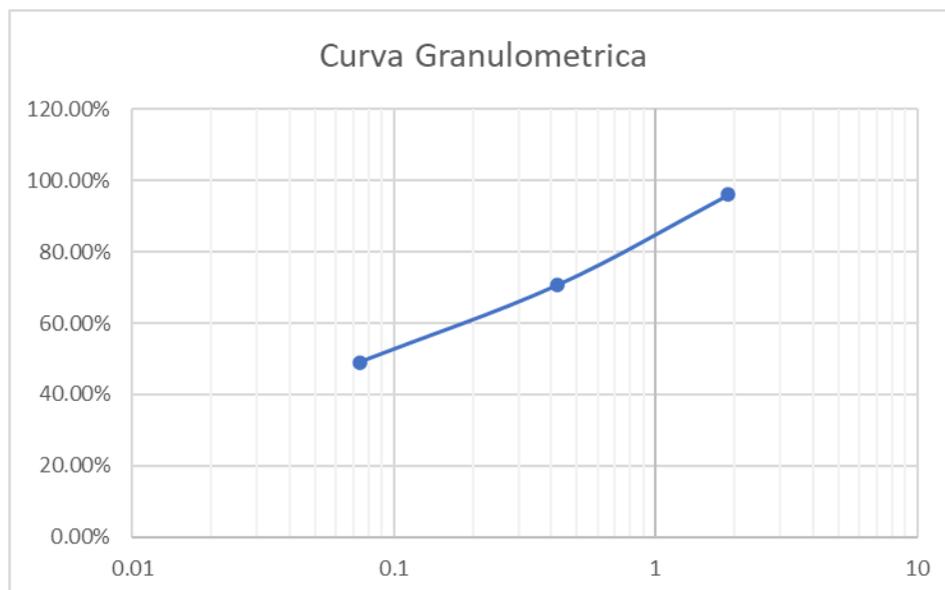
Granulometría

Tabla 91 Ensayo 2 de Granulometría, Ladrillera Santa Rosa

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				101.9
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	7.90	3.95%	3.95%	96.05%
40	50.80	25.40%	29.35%	70.65%
200	43.20	21.60%	50.95%	49.05%
Pasa 200	98.10	49.05%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 20 Curva Granulométrica B, Ladrillera Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia.

Límites de Consistencia de Atterberg

Tabla 92 Ensayo 2 de Limite Liquido, Ladrillera Santa Rosa

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL= 28.22%
Ensayo	1	2	3
No. De Golpes	17	22	34
Identificación de la tara	H-1	H-11	H-17
Peso de la tara	21.90	21.50	21.70
Peso de la tara + muestra húmeda	43.60	44.70	42.50
Peso de Muestra húmeda (Wh)	21.70	23.20	20.80
Peso de la tara + muestra seca	38.70	39.60	38.00
Peso de Muestra seca (Ws)	16.80	18.10	16.30
Peso del Agua Contenida	4.90	5.10	4.50
Contenido de Humedad	29.17%	28.18%	27.61%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 93 Ensayo 2 de Limite Plástico, Ladrillera Santa Rosa

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	D-01	D-03
Peso de la tara	21.60	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	27.00	27.30
Peso de Muestra húmeda (Wh)	5.40	5.40
Peso de la tara + muestra seca	26.10	26.40
Peso de Muestra seca (Ws)	4.50	4.50
Peso del Agua Contenida	0.90	0.90
Contenido de Humedad	20.00%	20.00%
Límite Plástico	20.00%	

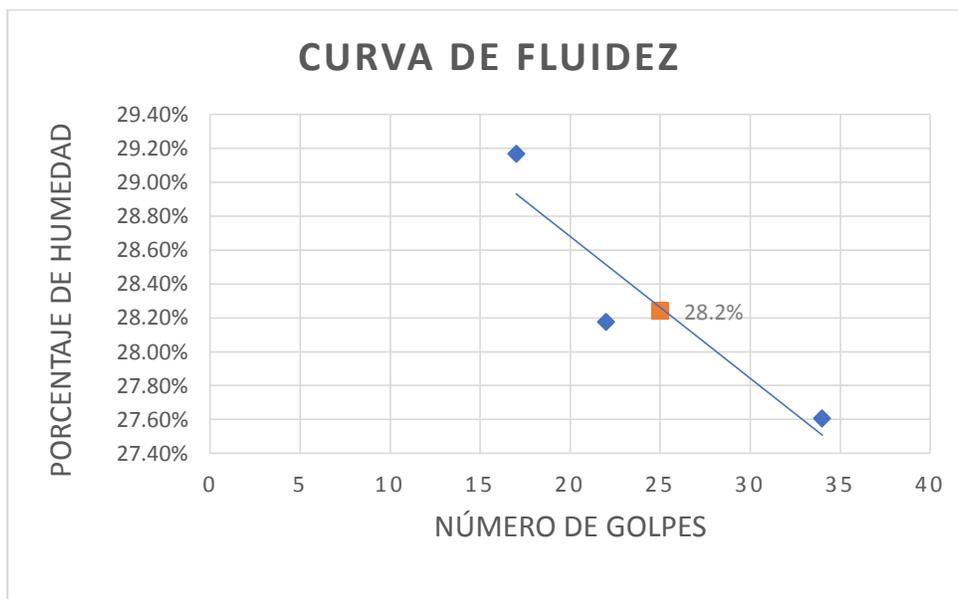
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 94 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Ladrillera Santa Rosa

INDICE PLÁSTICO (ID)	8.22%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 21 Curva de Fluidez B, Ladrillera Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia.

Plantel Los Flores

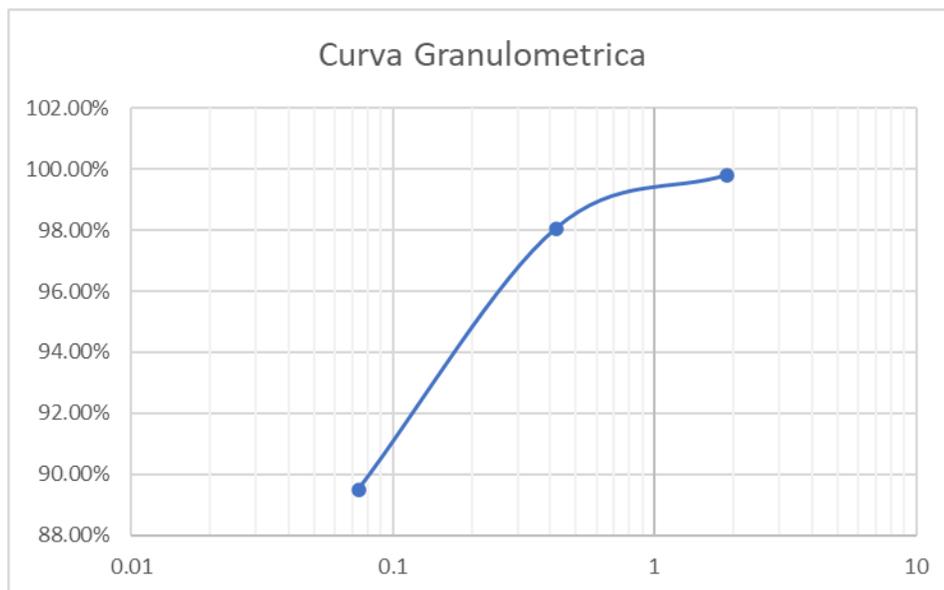
Granulometría

Tabla 95 Ensayo 2 de Granulometría, Plantel Los Flores

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				21
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	0.40	0.20%	0.20%	99.80%
40	3.50	1.75%	1.95%	98.05%
200	17.10	8.55%	10.50%	89.50%
Pasa 200	179.00	89.50%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 22 Curva de Granulométrica B, Plantel Los Flores



Fuente: Elaboración Propia.

Límites de Consistencia de Atterberg

Tabla 96 Ensayo 2 Limite Liquido, Plantel Los Flores

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=60%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	18	26	30
Identificación de la tara	A-04	A-08	A-10
Peso de la tara	21.80	21.50	21.40
Peso de la tara + muestra húmeda	34.10	34.30	34.30
Peso de Muestra húmeda (Wh)	12.30	12.80	12.90
Peso de la tara + muestra seca	29.20	29.60	29.60
Peso de Muestra seca (Ws)	7.40	8.10	8.20
Peso del Agua Contenida	4.90	4.70	4.70
Contenido de Humedad	66.22%	58.02%	57.32%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 97 Ensayo 2 de Limite Plástico, Plantel Los Flores

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	H-1	H-12
Peso de la tara	21.90	22.10
Peso de la tara + muestra húmeda	25.00	25.20
Peso de Muestra húmeda (Wh)	3.10	3.10
Peso de la tara + muestra seca	24.20	24.40
Peso de Muestra seca (Ws)	2.30	2.30
Peso del Agua Contenida	0.80	0.80
Contenido de Humedad	34.78%	34.78%
Límite Plástico	34.78%	

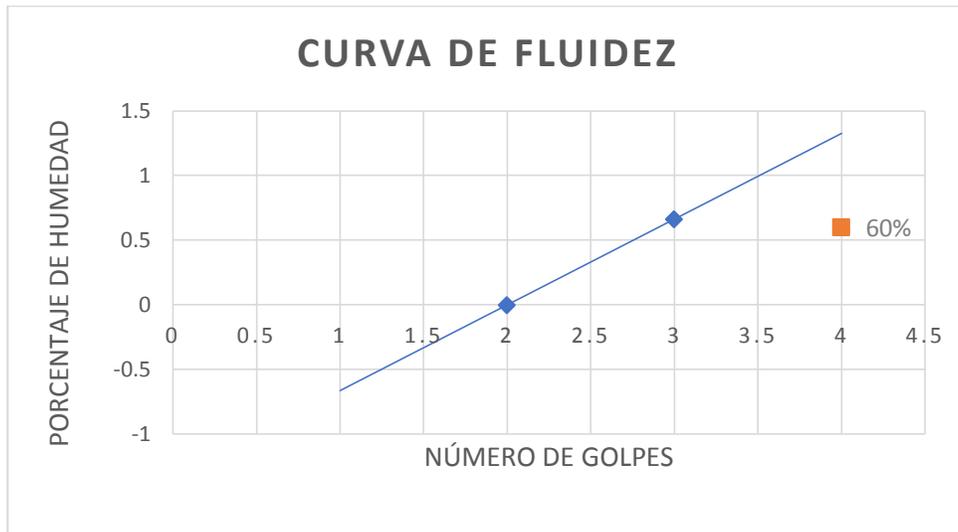
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 98 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Plantel Los Flores

INDICE PLÁSTICO (ID)	25.22%
Altamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 23 Curva de Fluidez B, Plantel Los Flores



Fuente: Elaboración Propia.

Plantel San Francisco

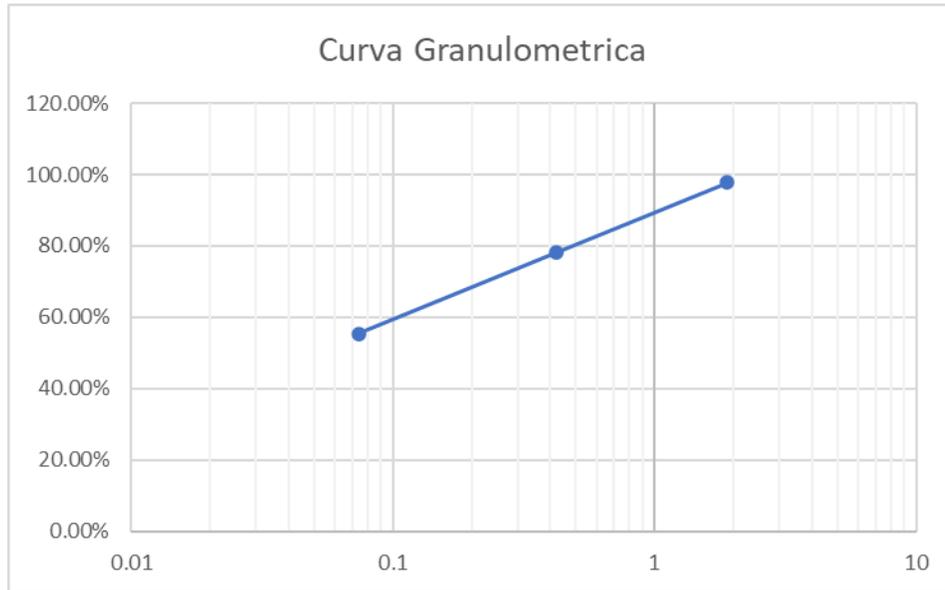
Granulometría

Tabla 99 Ensayo 2 de Granulometría, Plantel San Francisco

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				89.1
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	4.60	2.30%	2.30%	97.70%
40	39.20	19.60%	21.90%	78.10%
200	45.30	22.65%	44.55%	55.45%
Pasa 200	110.90	55.45%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 24 Curva Granulométrica B, Plantel San Francisco



Fuente: Elaboración Propia.

Límites de Consistencia de Atterberg

Tabla 100 Ensayo 2 de limite Liquido, Plantel San Francisco

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=28.1%
Ensayo	1	2	3
No. De Golpes	17	23	29
Identificación de la tara	A-21	J-02	J-08
Peso de la tara	22.10	21.90	22.00
Peso de la tara + muestra húmeda	42.30	45.80	44.00
Peso de Muestra húmeda (Wh)	20.20	23.90	22.00
Peso de la tara + muestra seca	37.80	40.50	39.20
Peso de Muestra seca (Ws)	15.70	18.60	17.20
Peso del Agua Contenida	4.50	5.30	4.80
Contenido de Humedad	28.66%	28.49%	27.91%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 101 Ensayo 2 de Limite Plástico, Plantel San Francisco

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	LS-1	D-04
Peso de la tara	22.50	21.80
Peso de la tara + muestra húmeda	28.00	27.30
Peso de Muestra húmeda (Wh)	5.50	5.50
Peso de la tara + muestra seca	27.00	26.30
Peso de Muestra seca (Ws)	4.50	4.50
Peso del Agua Contenida	1.00	1.00
Contenido de Humedad	22.22%	22.22%
Límite Plástico	22.22%	

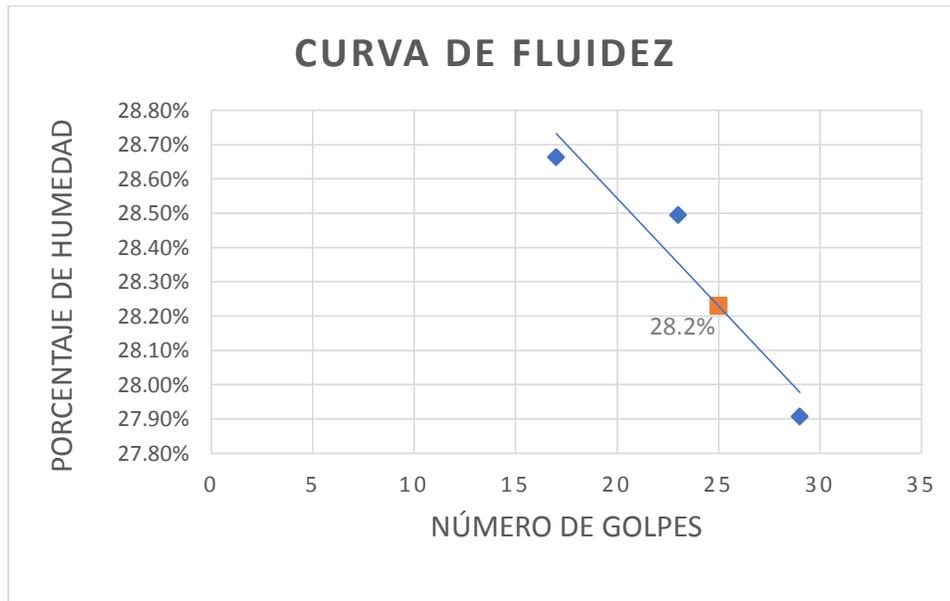
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 102 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Plantel San Francisco

INDICE PLÁSTICO (ID)	5.88%
Baja Plasticidad	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 25 Curva de Fluidez B, Plantel San Francisco



Fuente: Elaboración Propia.

Plantel Los Reyes

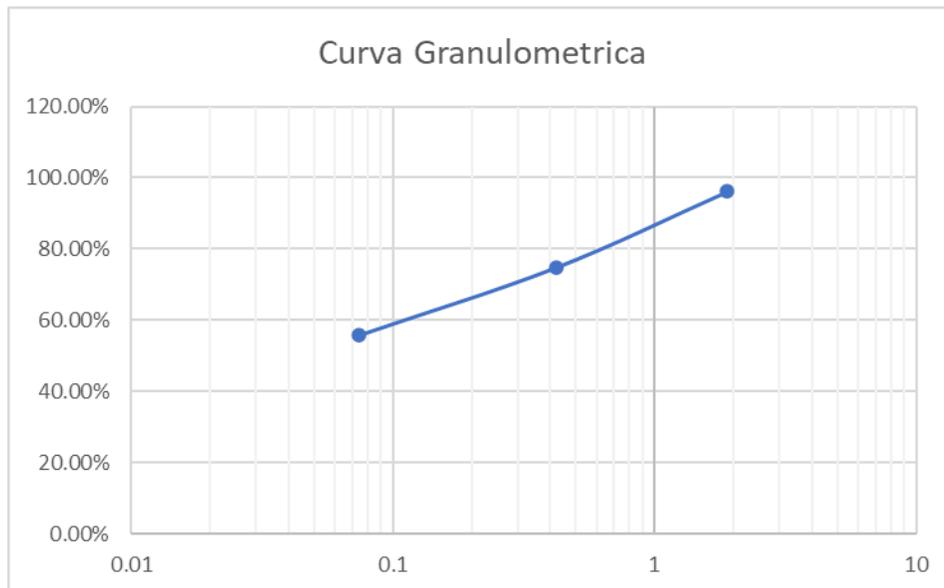
Granulometría

Tabla 103 Ensayo 2 de Granulometría, Plantel Los Reyes

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				88.6
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	7.60	3.80%	3.80%	96.20%
40	42.80	21.40%	25.20%	74.80%
200	38.20	19.10%	44.30%	55.70%
Pasa 200	111.40	55.70%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 26 Curva Granulométrica B, Plantel Los Reyes



Fuente: Elaboración Propia.

Límites de Consistencia de Atterberg

Tabla 104 Ensayo 2 de Limite Liquido, Plantel Los Reyes

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=37.1%
Ensayo	1	2	3
No. De Golpes	19	24	30
Identificación de la tara	D-01	D-03	D-04
Peso de la tara	21.50	21.90	21.80
Peso de la tara + muestra húmeda	38.00	41.70	41.20
Peso de Muestra húmeda (Wh)	16.50	19.80	19.40
Peso de la tara + muestra seca	33.40	36.30	36.10
Peso de Muestra seca (Ws)	11.90	14.40	14.30
Peso del Agua Contenida	4.60	5.40	5.10
Contenido de Humedad	38.66%	37.50%	35.66%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 105 Ensayo 2 de Limite Liquido, Plantel Los Reyes

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensayo	1	2
Identificación de la tara	A-02	A-10
Peso de la tara	22.00	21.30
Peso de la tara + muestra húmeda	27.50	26.80
Peso de Muestra húmeda (Wh)	5.50	5.50
Peso de la tara + muestra seca	26.20	25.50
Peso de Muestra seca (Ws)	4.20	4.20
Peso del Agua Contenida	1.30	1.30
Contenido de Humedad	30.95%	30.95%
Límite Plástico	30.95%	

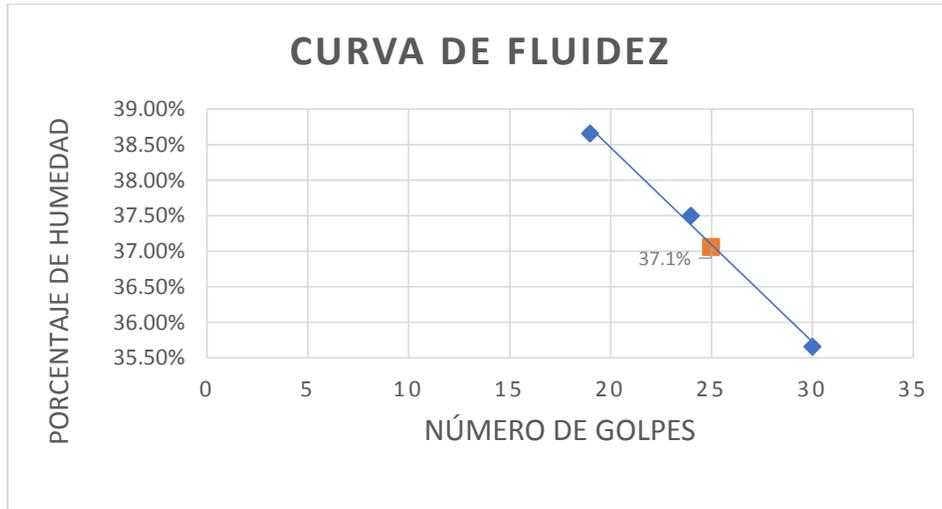
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 106 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Plantel Los Reyes

INDICE PLÁSTICO (ID)	6.15%
Baja Plasticidad	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 27 Curva de Fluidez B, Plantel Los Reyes



Fuente: Elaboración Propia.

Plantel Los García

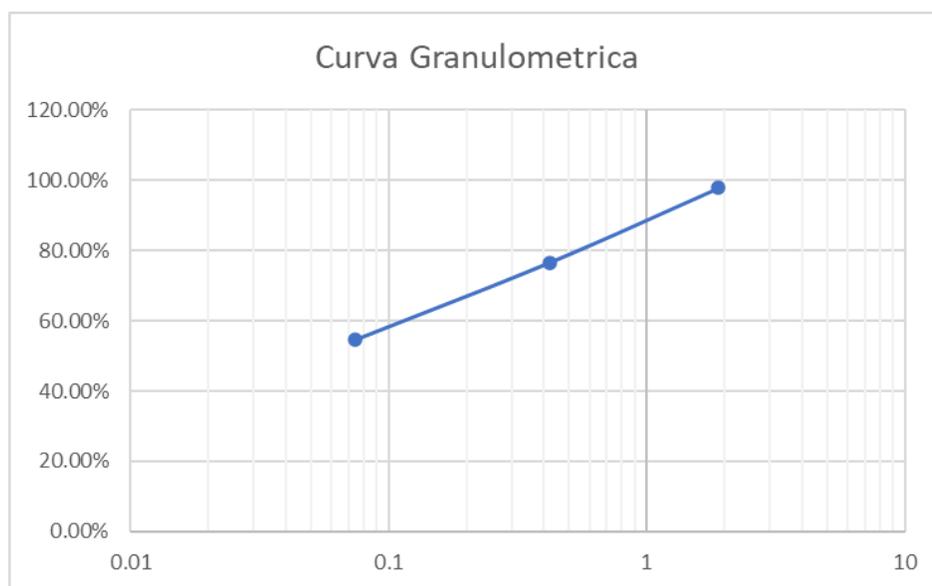
Granulometría

Tabla 107 Ensayo 2 de Granulometría, Plantel Los García

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				91
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	4.40	2.20%	2.20%	97.80%
40	42.50	21.25%	23.45%	76.55%
200	44.10	22.05%	45.50%	54.50%
Pasa 200	109.00	54.50%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 28 Curva Granulométrica B, Plantel Los García



Fuente: Elaboración Propia.

Límites de Consistencia de Atterberg

Tabla 108 Ensayo 2 de Limite Líquido, Plante Los García

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=26.8%
Ensayo	1	2	3
No. De Golpes	23	27	31
Identificación de la tara	J-02	J-07	J-08
Peso de la tara	21.80	21.30	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	44.80	45.40	44.20
Peso de Muestra húmeda (Wh)	23.00	24.10	22.30
Peso de la tara + muestra seca	39.90	40.30	39.70
Peso de Muestra seca (Ws)	18.10	19.00	17.80
Peso del Agua Contenida	4.90	5.10	4.50
Contenido de Humedad	27.07%	26.84%	25.28%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 109 Ensayo 2 de Límite Plástico, Plantel Los García

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	LS-1	LS-6
Peso de la tara	22.50	21.50
Peso de la tara + muestra húmeda	28.60	27.60
Peso de Muestra húmeda (Wh)	6.10	6.10
Peso de la tara + muestra seca	27.60	26.60
Peso de Muestra seca (Ws)	5.10	5.10
Peso del Agua Contenida	1.00	1.00
Contenido de Humedad	19.61%	19.61%
Límite Plástico	19.61%	

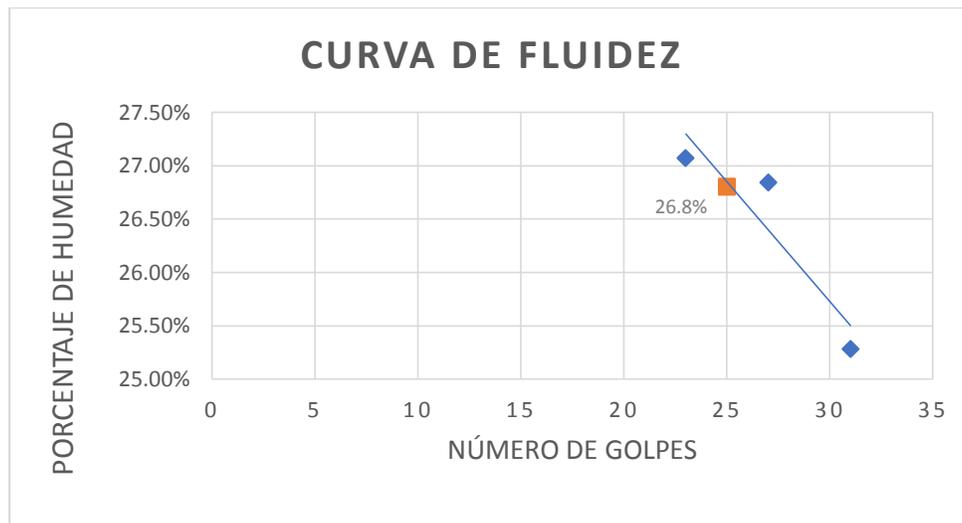
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 110 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Plantel Los García

INDICE PLÁSTICO (ID)	10.85%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 29 Curva de Fluidez B, Plantel Los García



Fuente: Elaboración Propia.

Límites de Consistencia de Atterberg

Tabla 112 Ensayo 2 de Limite Liquido, Tejar Juan Gómez

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=30.39%
Ensayo	1	2	3
No. De Golpes	19	26	33
Identificación de la tara	H-15	D-04	B-110
Peso de la tara	21.8	21.9	22
Peso de la tara + muestra húmeda	41.30	41.20	39.10
Peso de Muestra húmeda (Wh)	19.50	19.30	17.10
Peso de la tara + muestra seca	36.70	36.70	35.20
Peso de Muestra seca (Ws)	14.90	14.80	13.20
Peso del Agua Contenida	4.60	4.50	3.90
Contenido de Humedad	30.87%	30.41%	29.55%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 113 Ensayo 2 de Limite Plástico, Tejar Juan Gómez

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensayo	1	2
Identificación de la tara	H-17	H-5
Peso de la tara	21.80	21.80
Peso de la tara + muestra húmeda	28.40	28.40
Peso de Muestra húmeda (Wh)	6.60	6.60
Peso de la tara + muestra seca	27.30	27.30
Peso de Muestra seca (Ws)	5.50	5.50
Peso del Agua Contenida	1.10	1.10
Contenido de Humedad	20.00%	20.00%
Límite Plástico	20.00%	

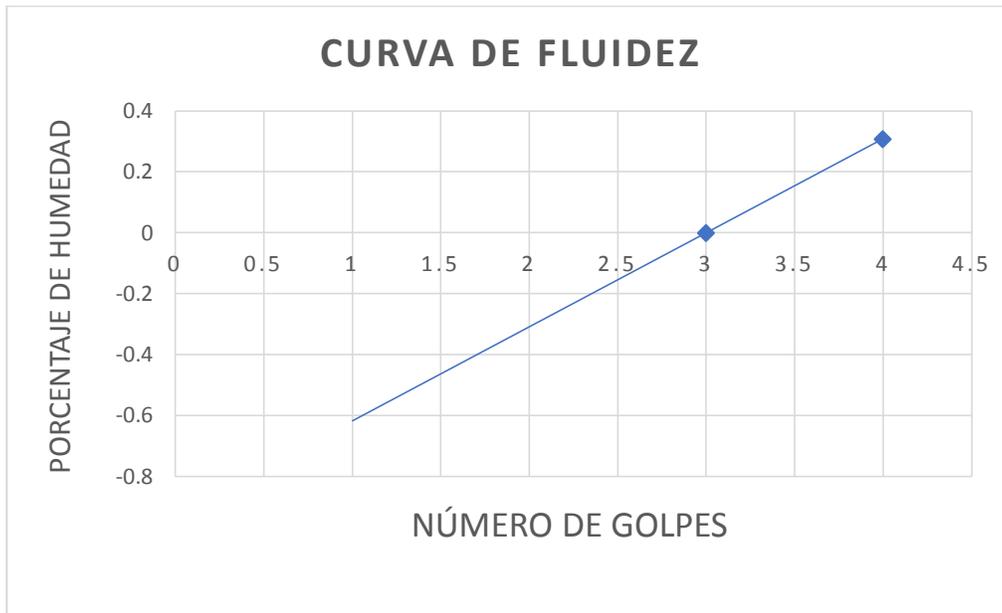
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 114 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Tejar Juan Gómez

INDICE PLÁSTICO (ID)	10.39%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 31 Curva de Fluidez B, Tejar Juan Gómez



Fuente: Elaboración Propia.

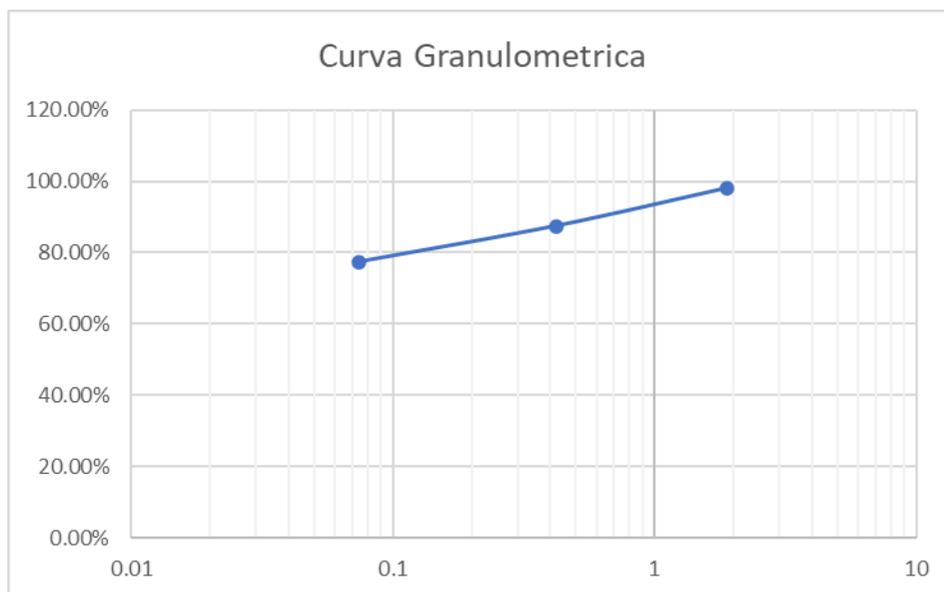
Tejar Cabo de Hornos Granulometría

Tabla 115 Ensayo 2 de Granulometría, Tejar Cabo de Hornos

Análisis Granulométrico				Gramos
Peso en Gramos Analizado				200
Peso en Gramos Analizado Seco				45.4
Tamiz No.	Peso Retenido Parcial en Gramos	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa por el Tamiz
10	3.90	1.95%	1.95%	98.05%
40	21.30	10.65%	12.60%	87.40%
200	20.20	10.10%	22.70%	77.30%
Pasa 200	154.60	77.30%	100.00%	0.00%
Suma	200	100%		

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 32 Curva Granulométrica B, Tejar Cabo de Hornos



Fuente: Elaboración Propia.

Límites de Consistencia de Atterberg

Tabla 116 Ensayo 2 de Limite Líquido, Tejar Cabo de Hornos

Datos de Determinación de Límite Líquido			LL=39.5%
Ensaye	1	2	3
No. De Golpes	16	23	33
Identificación de la tara	H-11	LS-6	J-07
Peso de la tara	21.60	21.50	21.30
Peso de la tara + muestra húmeda	38.10	38.50	36.00
Peso de Muestra húmeda (Wh)	16.50	17.00	14.70
Peso de la tara + muestra seca	33.20	33.70	32.00
Peso de Muestra seca (Ws)	11.60	12.20	10.70
Peso del Agua Contenida	4.90	4.80	4.00
Contenido de Humedad	42.24%	39.34%	37.38%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 117 Ensayo 2 de Limite Plástico, Tejar Juan Gómez

Datos de Determinación de Límite Plástico		
Datos obtenidos en Laboratorio, pesos en gramos (gr)		
Ensaye	1	2
Identificación de la tara	D-07	D-08
Peso de la tara	21.70	21.90
Peso de la tara + muestra húmeda	25.00	25.20
Peso de Muestra húmeda (Wh)	3.30	3.30
Peso de la tara + muestra seca	24.30	24.50
Peso de Muestra seca (Ws)	2.60	2.60
Peso del Agua Contenida	0.70	0.70
Contenido de Humedad	26.92%	26.92%
Límite Plástico	26.92%	

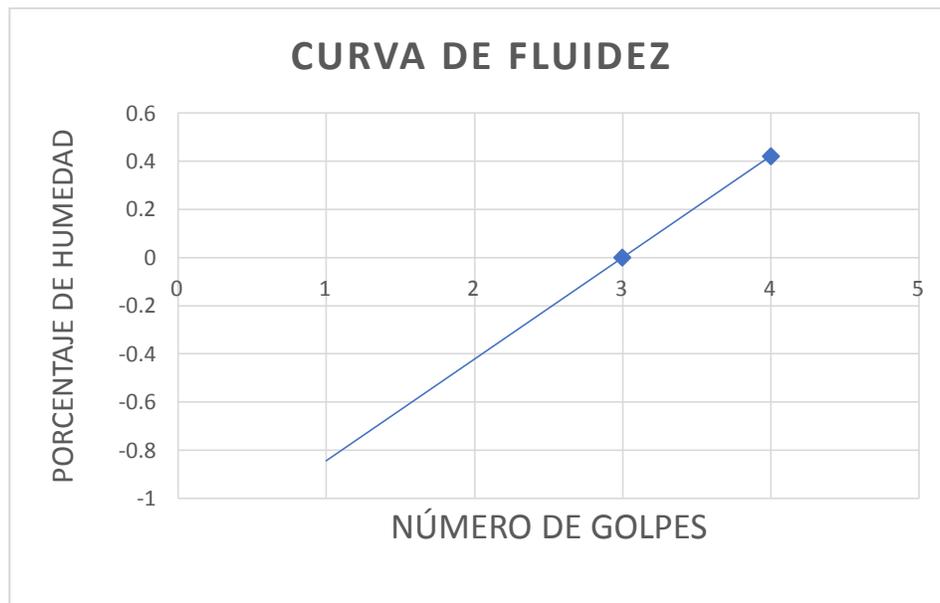
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 118 Ensayo 2 Índice de Plasticidad, Tejar Cabo de Hornos

INDICE PLÁSTICO (ID)	12.58%
Medianamente Plástico	

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 33 Curva de Fluidéz B, Tejar Cabo de Hornos



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 3 Tablas utilizadas para la clasificación de suelo.

Figura 45 Sistema Unificado de Clasificación de Suelo, SUCS

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos			
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo		
Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada		
		$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada		
	Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa		
		IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa		
	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo		
		Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla		
		Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo		
		Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla		
	Arenas El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada	
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada	
Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200		IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa		
		IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa		
Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200		Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo		
		Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla		
	Cumple los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal graduada con limo			
	Cumple los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal graduada con arcilla			
Suelos de partículas finas El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Líquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
		Inorgánicos	IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
		Orgánicos	Limite líquido - secado al horno < 0.75 limite líquido - no secado	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico	
		Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad	
	Limos y arcillas Limite Líquido mayor que 50	Inorgánicos	IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad	
		Orgánicos	Limite líquido - secado al horno < 0.75 limite líquido - no secado	OH	Arcilla orgánica Limo orgánica	
		Suelos altamente orgánicos		Principalmente materia orgánica de color oscuro	PT	Turba

Fuente: ASTM D2487.

Figura 46 Clasificación de Suelo según AASHTO

**CLASIFICACION DE SUELOS Y MEZCLAS DE AGREGADOS DE SUELOS
PARA PROPOSITOS DE CONSTRUCCION DE CARRETERAS
A.A.S.H.T.O M-145 / A.S.T.M. D-3282**

Clasificación General	Materiales Granulares (35 ó menos pasan la malla No.200)							Materiales Limo-Arcilla (Más del 35% pasan Malla No.200)			
	A - 1		A-3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Clasificación por Grupos y Sub - Grupos											
Análisis de Mallas, (%) que pasan por la: No. 10 No. 40 No.200	50 Máx. 30 Máx. 15 Máx.	50 Máx. 25 Máx.	51 Min 10 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	35 Máx	36 Min.	36 Min.	36 Min.	36 Min.
Características de la fracción que pasan la malla No.40 Límite Líquido (%) Índice de Plasticidad (%)	6 Máx.		N.P.	40 Máx 10 Máx	41 Min 10 Máx	40 Máx 11 Min	41 Min 11 Min	40 Máx. 10 Máx.	41 Min. 10 Máx.	40 Máx. 11 Min.	41 Min. 11 Min.
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de Piedra, grava y arena.		Arena Fina	Grava y Arena Limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Clasificación General como Sub-rasante	Excelente a Bueno							Regular a Pobre			
PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACION: Con los datos requeridos y disponibles de prueba, procédase de Izquierda a Derecha en la carta y, por proceso de eliminación se encontrará el grupo correcto. El primer grupo de la Izquierda, en el cual coinciden los datos de las pruebas, será la Clasificación correcta. El I.P. del sub-grupo A-7-5 es igual o menor que el LL. menos 30. El I.P. del sub-grupo A-7-6 es mayor que el LL menos 30											
$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(WL - 40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10)$											

Fuente: Alfonso Jerez F (INGENICA).