



UNIVERSIDAD PARTICULAR DE CHICLAYO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO E
INGENIERIAS



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

T E S I S

“DISEÑO DEL SISTEMA DE REGADIO DEL CANAL LAYNES DEL DISTRITO DE JAYANCA, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:
IVAN ARMANDO SOLIS IDROGO**

**ASESOR:
ING. VICTOR MANUEL TEPE ATOCHE**

Chiclayo 2017

SUSTENTACIÓN DE TESIS

TÍTULO:

“DISEÑO DEL SISTEMA DE REGADIO DEL CANAL LAYNES DEL DISTRITO DE JAYANCA, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE”

Presentado como requisito para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil** sustentado por:

IVAN ARMANDO SOLIS IDROGO
Bachiller en Ingeniería Civil

ING. VICTOR MANUEL TEPE ATOCHE
ASESOR

Aprobado por los Miembros de Jurado:

ING. JOSÉ RICARDO SILVA SÁNCHEZ
PRESIDENTE

ING. JOSÉ ALFREDO ROLANDO CÉSPEDES DEZA
SECRETARIO

ING. MARLON ORLANDO INFANTE VALDIVIA
VOCAL

Fecha de sustentación: Chiclayo, 14 diciembre de 2017

DEDICATORIA

**A Dios, mis padres Isidro y Vilma, mis
hermanas Marianela y Joleny.**

DECLARACIÓN JURADA

Conste por el presente documento, al que brindo mayor fuerza legal, que Yo, IVAN ARMANDO SOLIS IDROGO, de nacionalidad peruana, identificado con DNI N° 07516404, en pleno goce de los derechos constitucionales.

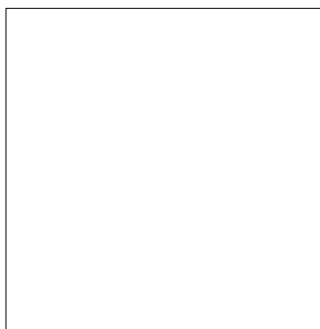
DECLARO BAJO JURAMENTO

Que, la Tesis “DISEÑO DEL SISTEMA DE REGADIO DEL CANAL LAYNES DEL DISTRITO DE JAYANCA, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE” formulada para la obtención de mi título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Particular de Chiclayo ha sido formulada por mi persona, siendo su contenido producto de mi actividad mental y no de plagio o copia de alguna otra tesis o documento similar; en caso de comprobármese falsedad alguna me someto a las sanciones que haya lugar.

Formulo la presente Declaración Jurada para los fines legales de tramitación de obtención del Título Profesional.

Para mayor Constancia y validez, firmo y estampo la impresión digital al pie del presente documento para los fines legales correspondiente.

Chiclayo, 14 de Diciembre del 2017



Huella Digital índice derecho

IVAN ARMANDO SOLIS IDROGO
DNI N° 07516404

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	14
I.1.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.	14
I.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
I.2.1.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	15
I.3.HIPÓTESIS.	15
I.4. OBJETIVOS.....	15
I.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
I.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	15
CAPITULO II.MARCO TEÓRICO.	17
II.1.CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	17
II.1.1. UBICACIÓN.	17
II.1.2. VIAS DE COMUNICACIÓN Y ACCESO AL PROYECTO.....	17
II.1.2. CLIMA.	18
II.2. HIDROLOGIA.....	18
II.3. AGROLOGIA.....	20
II.3.1. RENDIMIENTO POR CULTIVO.....	20
II.3.2.CALENDARIO DE SIEMBRA.....	21
II.3.3.DISPONIBILIDAD DE AGUA.	21
II.3.4.DEMANDA DE AGUA.	21
II.4. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.	26
II.4.1.ENSAYO GRANULOMETRICO.	26
II.4.2.ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD.....	29
II.4.3.ENSAYO LIMITE LÍQUIDO Y PLASTICO.....	31
II.4.4.ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA.	36
II.4.5.ENSAYO PESO UNITARIO DE SUELOS COHESIVOS.....	41
II.4.5.ENSAYO DE CORTE DIRECTO.....	42
II.4.6.COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD-CARGA VARIABLE.....	47
II.4.HIDRÁULICA.	50
II.4.1. Relaciones geométricas de secciones transversales de un canal mas frecuentes.	50
II.4.2. Tipos de flujos en canales.....	52
II.4.3.Ecuación de continuidad.	53
II.4.4.Ecuación de la energía o ecuación de B e r n o u l l i.	53
II.4.5.Consideraciones prácticas para el diseño de canales.....	54
II.4.5.NECESIDAD DE REVERTIR EL CANAL.	64
II.5.TOPOGRAFIA.....	65
II.5.1.Poligonal abierta. (Estación total)	65
II.5.2. TAQUIMETRIA-RELLENO TOPOGRAFICO-MÉTODO DE LA ESTACION TOTAL.	67
II.5.3. PERFIL LONGITUDINAL.	67
II.5.4.SECCIONAMIENTO.	67
II.5.5.ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL.	68
II.5.6.COORDENADAS UTM.	69
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	71

III.1. VARIABLES.....	71
III.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE.	71
III.3.TIPO DE ESTUDIO.....	71
III.4.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	72
III.5. MATERIALES E INSTRUMENTOS.....	72
III.5.1.METEREOLOGÍA.	72
III.5.2.AGROLOGÍA.	80
III.5.3.MECÁNICA DE SUELOS Y LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.	81
III.5.4.EQUIPO TOPOGRÁFICO.	82
III.5.5.HIDRÁULICA.....	82
III.5.6. EQUIPOS Y SOFTWARE DE CÓMPUTO.....	82
III.6.METODOLOGÍA.	83
III.6. 1.CÁLCULO DE LA DEMANDA HÍDRICA.	84
III.6. 2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.	88
III.6.3. TOPOGRAFÍA.....	94
III.6.4. HIDRÁULICA.....	95
III.6.5. PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL.	96
CAPITULO IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	98
IV.1. AGROLOGÍA.	98
IV. 1.1. EFICIENCIA DE RIEGO SIN PROYECTO EN EL SECTOR LAYNES- JAYANCA	98
IV. 1.2. EFICIENCIA DE RIEGO CON PROYECTO EN EL SECTOR LAYNES- JAYANCA.	98
IV.1.4.RESULTADOS DE LA DEMANDA HIDRICA.....	99
IV.1.5. OFERTA HIDRICA.....	101
IV.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	104
IV.2.1.PERFIL ESTRATIGRAFICO.	104
IV.2.2.PERMEABILIDAD DEL SUELO.	108
IV.2.3 CLASIFICACIÓN DE CANTERA PARA CONCRETO Y RELLENOS DEL CANAL.	109
IV.2.4. CANTERA PARA AFIRMADO – CERRO ESCUTE.	109
IV.2.5. CIMENTACIÓN.	110
IV.3. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....	111
IV.3.1.TRAZO DE CANAL LAYNES.	111
IV.3.2. PERFIL LONGITUDINAL.	111
IV.4. HIDRÁULICA.	112
IV.4.1. Cálculo del caudal de diseño DEL CANAL.....	112
IV.4.2. RESULTADOS CÁLCULO HIDRÁULICO CANAL LAYNES.....	112
IV.4.3.DISEÑO HIDRÁULICO DE TOMA LATERAL LAYNES.	117
IV.4.4.DISEÑO DE COMPUERTA TOMA PRINCIPAL.	119
IV.4.5. DISEÑO TRANSICION DE ENTRADA ALABEADA EN FLUJO SUBCRITICO (TOMA PRINCIPAL) 122	
IV.4.6.INFILTRACION DEL CANAL EN TIERRA Y REVESTIDO.	123
IV.4.7. RESULTADOS CALCULO ESTRUCTURAL PUENTE VEHICULAR CANAL LAYNES.....	128
IV.4.8. RESULTADOS DISEÑO DE ESTRIBO.	135
CAPÍTULO V.CONCLUSIONES.....	147
CAPITULOVI. RECOMENDACIONES.....	150
CAPITULO VII PROPUESTA ARQUITECTONICA	151
VII.PROUESTA ARQUITECTÓNICA.....	152
VII.1.PROGRAMACIÓN ARQUITECTÓNICA.....	152
CAPITULO VIII. BIBLIOGRAFÍA.	154

CAPITULO IX ANEXOS.....	155
IX.ANEXOS.	1566
IX.1.ANEXO 01.....	1566
IX.1.1.ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....	1566
IX.I.2.DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.	1566
IX.2.ANEXO 02.....	206
IX.2.1.PROGRAMACION DE OBRA.	206
IX.3.ANEXO 03.....	208
IX.3.1.PLANOS TOPOGRÁFICOS.....	208
IX.4.ANEXO 04.	227
IX.4.1.FOTOGRAFÍAS.	227

INDICE DE CUADROS.

CUADRO 1: PROMEDIO DE DESCARGAS MENSUALES DEL RÍO LA LECHE (m ³ /s).	19
CUADRO 2: PROMEDIO DE DESCARGAS MENSUALES DEL RÍO LA LECHE (m ³ /s).	20
CUADRO 3: RENDIMIENTO POR CULTIVO.	21
CUADRO 4: CALENDARIO DE SIEMBRA	21
CUADRO 5: FORMATO DE CUADRO PARA CÁLCULO DE DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO.	24
CUADRO 6: SERIE DE TAMICES USADOS PARA EL ENSAYO POR TAMIZADO SEGÚN LA NORMA ASTM D-422.	26
CUADRO 7: MASA MÍNIMA DE LA PORCIÓN DE SUELO RETENIDA EN TAMIZ 4.	27
CUADRO 8: CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA HÚMEDA RECOMENDADA PARA EL ENSAYO.	30
CUADRO 9: RELACIÓN ENTRE EL POTENCIAL DE HINCHAMIENTO Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD SEGÚN SEED, WOODWARD Y LUDDGREN, 1962.	35
CUADRO 10: RELACIÓN ENTRE EL GRADO DE EXPANSIÓN Y EL LÍMITE LÍQUIDO SEGÚN DAKSHANAMURTHY Y RAMAN (1973)	35
CUADRO 11: MASA RECOMENDADA PARA ESPECÍMENES DE PRUEBA	37
CUADRO 12: DENSIDAD DEL AGUA Y FACTOR DE CORRECCIÓN (K) PARA TEMPERATURAS ENTRE 15 °C Y 30.9 °C.	40
CUADRO 13: CORRECCIÓN DE VISCOSIDAD PARA <i>ntn20</i>	49
CUADRO 14: VELOCIDADES MÁXIMAS RECOMENDADAS EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS.	56
CUADRO 15: PENDIENTE ADMISIBLE EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELOS.	56
CUADRO 16: TALUDES RECOMENDADOS EN FUNCIÓN DEL MATERIAL.	57
CUADRO 17: VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD MANNING (N)	58
CUADRO 18: OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	71
CUADRO 19: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).	72
CUADRO 20: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).	73
CUADRO 21: HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)	75
CUADRO 22: PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (MM).	77
CUADRO 23: FACTOR DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MF (MM/MES)	79
CUADRO 24: INSOLACIÓN O RESPLANDOR SOLAR VALORES DE P.	80
CUADRO 25: CÉDULA DE CULTIVO SIN PROYECTO.	81
CUADRO 26: CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS.	81
CUADRO 27: CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (MM/DÍA)	84
CUADRO 28: CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (MM/DÍA)	85
CUADRO 29: COEFICIENTE DE LOS CULTIVOS K _c PARA LAS ÁREAS SIN PROYECTO.	85
CUADRO 30: COEFICIENTE DE LOS CULTIVOS K _c PARA LAS ÁREAS CON PROYECTO.	85
CUADRO 31: CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA (MM).	86
CUADRO 32: BALANCE SERVICIO DE RIEGO DE LA COMISIÓN DE REGANTES JAYANCA.	87
CUADRO 33: EFICIENCIAS DE APLICACIÓN PARA SISTEMAS DE RIEGO POR SUPERFICIE.	88
CUADRO 34: ENSAYOS DE LABORATORIO.	89
CUADRO 35: EFICIENCIA DE RIEGO SIN PROYECTO EN EL SECTOR LAYNES-JAYANCA.	98
CUADRO 36: EFICIENCIA DE RIEGO CON PROYECTO EN EL SECTOR LAYNES-JAYANCA.	98
CUADRO 37: EFICIENCIA DE RIEGO CON PROYECTO EN EL SECTOR LAYNES-JAYANCA.	99
CUADRO 38: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA PARA LAS ÁREAS ACTUALES BAJO RIEGO SITUACIÓN SIN PROYECTO.	100
CUADRO 39: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA PARA LAS ÁREAS ACTUALES BAJO RIEGO SITUACIÓN CON PROYECTO.	101
CUADRO 40: CÁLCULO DE OFERTA DE AGUA PARA RIEGO.	101
CUADRO 41: OFERTA DE AGUA PARA RIEGO MENSUAL.	102
CUADRO 42: OFERTA DE AGUA PARA RIEGO MENSUAL.	102
CUADRO 43: OFERTA-DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO MENSUAL.	103
CUADRO 44: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CALICATA C1.	104
CUADRO 45: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CALICATA C2.	105

CUADRO 46: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CALICATA C1500.	106
CUADRO 47: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CALICATA C3500.	107
CUADRO 48: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CALICATA C4700.	108
CUADRO 49: COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K).	108
CUADRO 50: RESULTADOS REALIZADOS DE ENSAYOS DE CANTERA RIO MOTUPE PARA CONCRETO.	109
CUADRO 51: ESTUDIO MECÁNICA DE SUELOS AFIRMADO-CERRO ESCUTE.	109
CUADRO 52: CAPACIDAD ADMISIBLE DEL TERRENO. KG/CM2.	110
CUADRO 53: ASENTAMIENTOS.	110
CUADRO 54: PENDIENTE CANAL LAYNES PRIMER TRAMO.	112
CUADRO 55: PENDIENTE CANAL LAYNES TRAMO SANTA LUCIA.	112

INDICE DE FIGURAS.

FIGURA 1: VÍA DE COMUNICACIÓN AL PROYECTO.....	17
FIGURA 2: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA BAJO CONDICIONES ESTÁNDAR Y BAJO CONDICIONES NO ESTÁNDAR	25
FIGURA 3: PERMEÁMETRO CARGA VARIABLE	47
FIGURA 4: SECCIÓN T R A P E Z O I D A L.....	50
FIGURA 5: SECCIÓN RECTANGULAR.	51
FIGURA 6: TIPOS DE FLUJOS EN CANALES ABIERTOS.	52
FIGURA 7: ENERGÍA TOTAL EN UNA SECCIÓN DE UN C A N A L.....	54
FIGURA 8: ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UN CANAL.	54
FIGURA 9: CURVAS PARA DETERMINAR EL TIRANTE NORMAL, SECCIONES RECTANGULAR, TRAPEZOIDAL Y CIRCULAR	61
FIGURA 10: ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL.....	68
FIGURA 11: TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL-D CAPITULO VI. PTO. LAMBAYEQUE.	74
FIGURA 12: HUMEDAD RELATIVA MEDIA ANUAL.	76
FIGURA 13: PRECIPITACIÓN PROMEDIO ANUAL. (MM= 1 LITRO/M2).....	78
FIGURA 14: DIAGRAMA DE FLUJO METODOLÓGICO.	83
FIGURA 15: DISPONIBILIDAD DE AGUA SITUACIÓN “SIN PROYECTO”	102
FIGURA 16: DISPONIBILIDAD DE AGUA SITUACIÓN “CON PROYECTO”	103
FIGURA 17: TEOREMA BARRET –MOMENTO MÁXIMO.	129
FIGURA 18: MOMENTO CARRIL.	130
FIGURA 19: FRANJA DE BORDE PUENTE VEHICULAR.	133
FIGURA 20: DISEÑO DE ESTRIBO DE PUENTE.....	136

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo principal el diseño del canal Laynes –Santa lucia con revestimiento de concreto y obras de arte como puentes vehiculares y peatonales que forman parte del canal de regadío. Para el cálculo de Evapotranspiración de los cultivos (ETO) se ha empleado metodologías como la de Hargreaves y Blaney – Cridle; con respecto al diseño hidráulico se ha empleado el programa H-canales, así como se ha tenido en consideración las normas AASHTO LRFD 2010 en el diseño de puentes del canal. La toma principal se ha diseñado con una capacidad de captación de 1.00 m³/seg.; la pendiente promedio para el diseño del canal es de 0.0012 que se determinó mediante el estudio topográfico, del estudio de mecánica de suelos se obtuvo la capacidad portante del suelo igual a 0.87 kg/cm². La construcción del presente proyecto elevara la producción y productividad agrícola de la zona.

Palabras clave: Revestimiento, Evapotranspiración, toma, pendiente promedio, capacidad portante, productividad.

ABSTRACT

This project's main objective channel design Laynes -Santa Lucia with concrete lining and art as vehicular and pedestrian bridges that are part of the irrigation canal. For calculating crop evapotranspiration (ETO) has been used methodologies such as Hargreaves and Blaney -Cridle; with respect to the hydraulic design has used the H-channel program and has taken into consideration the AASHTO LRFD 2010 standards in the design of bridges canal. The intake designed with a capacity to capture 1.00 m³ / sec; the average slope for the design of the channel is 0.0012 which was determined by the topographical study, the study of soil mechanics soil bearing capacity equal to 0.87 kg / cm². The construction of this project will increase the agricultural production and productivity in the area.

Keywords: lining, evapotranspiration, intake, average slope, bearing capacity, productivity.

CAPITULO I:

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

El principal problema en el departamento de Lambayeque es la escasez de agua principalmente para el desarrollo de la producción y productividad agrícola. Por tanto es necesario la construcción y mejoramiento de diversas estructuras hidráulicas que garanticen una adecuada administración del recurso hídrico.

Se debe establecer un plan hidráulico-agrícola de carácter primordial en la región Lambayeque que administre eficazmente la construcción, mantenimiento y rehabilitación de obras hidráulicas. El desarrollo de este plan generaría un gran desarrollo económico de la región.

EL desarrollo agrícola generaría nuevos productos de exportación, generara sin duda también el desarrollo de nuevas tecnologías que industrializaran nuevos productos agrícolas. Ejemplo la obtención de alcoholes del bagazo de caña de azúcar tecnología que se desarrolla por ejemplo en Brasil.

Dentro de este contexto el presente proyecto de investigación, pretende contribuir humildemente en el estudio del diseño del tramo canal Laynes-santa lucia.

I.1.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La ejecución del presente proyecto tiene una alta prioridad, para los pobladores de la comunidad del sector Laynes. Dicho proyecto generaría un desarrollo socioeconómico en la comunidad debido principalmente al incremento de la producción y productividad agrícola.

I.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El canal Laynes es un ramal del canal Jayanca, el caudal de agua del que se alimentan proviene del rio la leche el cual presenta un periodo de estiaje generalmente de mayo a diciembre y caudaloso de enero hasta abril, esto hace que la oferta sea menor que la demanda de agua para irrigar las áreas de cultivo, ocasionando un grave problema en la producción agrícola de la zona para una comunidad cuyo principal medio de subsistencia es la agricultura.

El canal Laynes está construido en tierra presentando problemas por perdidas por infiltración, también presenta problemas de sedimentación lo cual genera un constante mantenimiento.

El diseño hidráulico del canal es totalmente deficiente, ocasionando grandes pérdidas en el transporte del agua.

I.2.1.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo evitar las pérdidas principalmente por infiltración y conducción del canal rústico Laynes?

I.3.HIPÓTESIS.

El diseño del sistema de regadío del canal Laynes revestido en concreto evitará las Pérdidas generalmente por infiltración y conducción.

I.4. OBJETIVOS

I.4.1. OBJETIVO GENERAL.

El objetivo general del proyecto es, diseñar el canal Laynes revestido en concreto, con la finalidad de optimizar el sistema de riego de dicho canal, que permitirá aumentar la producción y productividad agrícola de la zona.

I.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Desarrollar el diseño hidráulico.
- Diseño de estructura hidráulica.

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

II.MARCO TEÓRICO.

II.1.CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

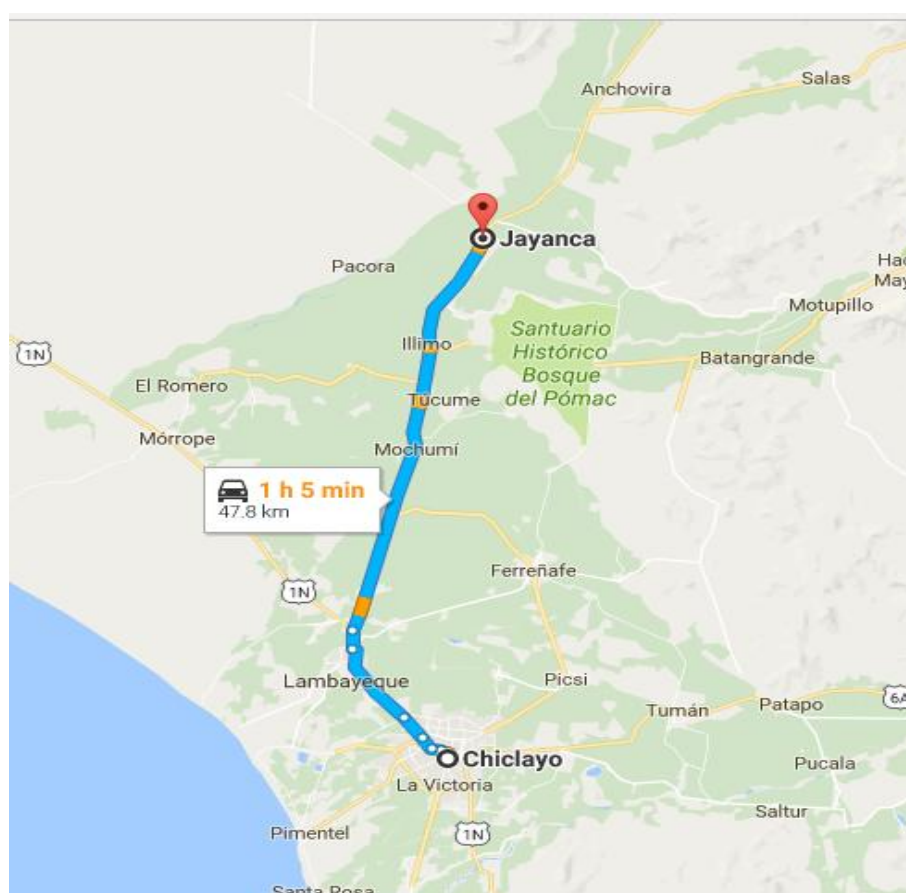
II.1.1.UBICACIÓN.

La zona del proyecto identificada, se encuentra ubicada, dentro del Sub sector de riego Jayanca donde existen 605.77 has. de áreas totales, correspondiendo 522.53 hás. bajo riego con el régimen de Licencia y 83.24 hás. Bajo riego con régimen de Permiso, 301 usuarios que se dedican a la actividad agrícola explotando maíz amarillo duro, frijol y lenteja. **(Junta de Usuarios del valle La Leche).**

II.1.2. VIAS DE COMUNICACIÓN Y ACCESO AL PROYECTO.

De Chiclayo a Jayanca por carretera Fernando Belaunde Terry 47.8 km. Tiempo aproximado 1h 5 minutos (**google maps**) y de Jayanca al proyecto sector laynes vía trocha carrozable existe un tiempo aproximado de 10 minutos en vehículo motorizado.

Figura 1: Vía de comunicación al proyecto



FUENTE: google maps.

II.1.2. CLIMA.

El distrito de Jayanca se considera que tiene un clima desértico. Durante el año virtualmente no hay precipitaciones. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es BWh. La temperatura media anual es 23.1 ° C en Distrito de Jayanca. En un año, la precipitación media es 62 mm. (<https://es.climate-data.org>)

II.2. HIDROLOGIA.

El caudal de agua del que se alimenta el proyecto en estudio el canal Laynes proviene del río la leche el cual tiene un periodo de estiaje por lo general mayo a diciembre y caudaloso en los meses de máximas avenidas enero a abril.**(Junta de Usuarios del valle La Leche).**

La cabecera de la cuenca del río La Leche está localizada en el Cerro Choicopico, a una altitud de 4,230 m sobre el nivel medio del mar. El río La Leche tiene dos afluentes principales: el Moyán y el Sangana. La longitud hidráulica del río La Leche, a La Calzada, a lo largo del Moyán, es de 44,397 m. La longitud hidráulica a lo largo del Sangana es de 44,591 m. La pendiente de los canales varía desde 24% en la Quebrada Cascabamba hasta 1% cerca de La Calzada. La velocidad media durante las inundaciones es 4 m/s. El tiempo de concentración es cerca de 3 horas. **(Ponce, 2008).**

Cuadro 1: Promedio de descargas mensuales del Río La Leche (m3/s).

Promedio de descargas mensuales del Río La Leche (m3/s) .												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1978	2.06	3.48	12.93	5.77	4.43	2.29	2.32	1.70	2.16	1.76	3.08	2.09
1979	3.07	3.79	11.65	5.46	3.27	1.98	0.92	0.75	2.02	0.79	0.23	0.67
1980	1.68	1.65	7.89	5.66	2.04	1.34	1.77	0.65	0.42	8.15	3.57	3.73
1981	0.98	10.42	10.87	11.91	2.18	4.70	2.07	0.91	0.38	2.15	1.71	3.76
1982	1.21	2.63	2.61	5.76	2.56	1.84	1.08	0.47	0.76	2.29	1.57	5.12
1983	12.76	16.84	42.20	43.59	36.65	8.02	4.41	2.18	2.36	5.17	2.31	3.16
1984	1.58	24.92	20.70	7.29	4.79	6.78	3.27	2.25	1.10	5.66	1.93	3.38
1985	2.50	5.72	8.33	2.15	5.69	2.19	0.70	2.77	2.34	5.21	0.26	2.13
1986	5.57	2.32	2.73	11.49	4.33	0.84	0.79	1.44	0.41	0.96	3.44	4.92
1987	9.52	11.60	10.62	3.34	2.61	0.38	1.02	0.86	0.31	0.69	0.59	1.45
1988	3.69	5.69	4.49	7.43	3.17	0.56	0.26	0.22	0.38	1.64	2.37	0.58
1989	4.72	14.36	15.43	11.49	2.49	3.96	1.08	0.53	0.76	1.21	0.31	0.16
1990	1.91	5.07	7.82	4.57	1.97	5.08	2.63	0.24	0.32	4.03	3.30	2.11
1991	1.25	5.93	5.90	2.41	1.51	0.61	0.22	0.12	0.16	0.29	0.48	0.51
1992	2.55	2.64	9.94	11.93	1.53	1.99	0.77	0.49	0.71	1.06	0.75	1.35
1993	1.04	5.16	19.06	12.20	3.60	1.57	0.74	0.50	0.88	2.24	1.34	1.71
1994	2.25	6.74	9.06	10.76	3.89	1.88	1.30	0.76	0.83	0.82	1.64	3.37
1995	4.11	5.23	3.80	2.69	1.75	0.63	0.67	0.23	0.21	0.30	1.38	3.05
1996	2.09	5.01	9.56	4.13	2.30	1.20	0.46	0.40	0.39	1.62	1.04	0.71
1997	0.55	7.82	4.88	3.19	2.06	0.57	0.44	0.30	0.11	0.25	1.71	6.49
1998	84.50	159.87	239.76	128.72	48.17	9.52	3.48	2.00	2.32	2.38	4.92	0.81
1999	3.78	21.23	26.83	17.37	14.59	6.11	5.44	1.27	0.95	1.91	0.74	3.46
2000	1.25	6.90	40.47	14.11	6.47	5.40	2.40	1.27	1.77	0.80	0.32	4.40
2001	7.55	10.96	79.11	13.16	5.48	2.78	2.98	0.71	3.31	1.60	5.45	4.63
2002	3.21	9.79	36.42	58.17	6.37	2.63	2.90	0.97	0.32	2.49	6.54	4.63
2003	3.91	12.52	4.87	3.46	3.89	3.44	0.91	0.35	0.32	0.50	0.91	2.03
2004	1.79	1.08	4.24	2.31	1.68	0.89	2.62	0.23	0.66	2.50	1.45	3.67
2005	0.80	6.46	14.12	5.11	0.77	0.81	0.34	0.10	0.04	1.38	1.30	0.38
2006	2.50	10.85	20.72	9.71	2.20	3.08	1.16	0.53	0.11	0.63	3.36	1.95
2007	6.26	4.07	8.33	4.86	3.33	0.37	0.42	0.33	0.28	2.62	7.27	1.81
2008	5.38	34.06	27.08	24.28	5.19	3.27	2.62	2.16	1.71	4.96	3.36	1.52
2009	10.24	15.96	26.68	16.77	8.94	4.26	4.43	2.02	1.40	1.85	1.40	6.98
2010	4.19	17.77	10.61	16.16	7.57	2.17	0.90	0.35	0.32	1.00	0.34	2.03
Promedio	6.07	13.90	23.02	14.77	6.29	2.82	1.74	0.91	0.93	2.15	2.13	2.69
FUENTE: Registros Administración local de aguas Motupe-Olmos-La Leche.												

En cuadro 2 Se tienen los promedios de descargas el rio La Leche de la Junta de Usuarios de Riego la Leche de la Estación Hidrométrica Puchaca.

Cuadro 2: Promedio de descargas mensuales del Río La Leche (m3/s).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2011	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	1.48	1.66	1.75	8.27
2012	12.75	24.28	20.84	16.55	8.11	4.18	2.65	0.61	0.34	2.13	4.08	3.69
2013	8.4	6.22	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	0.2788	5.48	1.04	2.5
2014	3.33	2.59	S.I.	3.34	7.5	4.16	0.58	1.14	3.99	1.92	3.07	3.22
2015	9.95	9.13	S.I.	11.91	8.75	4.3	1.43	0.97	0.21	0.3	4.01	4.68
2016	2.076	10.23	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
Promedio.	7.3012	10.49	20.84	10.6	8.12	4.21333333	1.55333333	0.90666667	1.2047	2.4575	3.05	3.5225

FUENTE: ANA (Autoridad Nacional del Agua Lima, PE) 2013. Sistemas de Adquisición de Datos Hídricos Online, (en línea). Consultado 20 02 2016. Disponible en <http://www.ana.gob.pe/>

II.3. AGROLOGIA.

La agricultura se caracteriza básicamente por un nivel tecnológico medio a bajo, en todos los cultivos no se utiliza fertilización y control fitosanitario y donde se utiliza existen diferencias en dosis y oportunidad de aplicación; que está en directa relación con la capacidad financiera de productores y el tamaño de la finca. **(Junta de Usuarios del valle La Leche).**

II.3.1. RENDIMIENTO POR CULTIVO.

Dentro del ámbito del Proyecto, así como del mismo valle La Leche, existen ciertas restricciones para alcanzar los rendimientos potenciales, los que pueden lograrse principalmente por la existencia de condiciones favorables de suelos, disponibilidad de agua y condiciones climatológicas que permiten que los cultivos se puedan conducir en cualquier época del año. Sin embargo, el desarrollo de una agricultura intensiva con fines de agroindustria se ve truncado, principalmente por la ausencia de agricultores capacitados que logren asegurar el potencial desarrollo esperado y por ende el logro de metas establecidas. (Junta de Usuarios del valle La Leche).

A continuación se presenta en el Cuadro Nº 3 el rendimiento de los principales cultivos considerados en el proyecto.

Cuadro 3: Rendimiento por cultivo.

CULTIVO	RENDIMIENTO (kg/ha)
Maíz amarillo duro	3,050
Menestras	1,300

FUENTE: Dirección Regional de Agricultura - Oficina de Información Agraria.

II.3.2.CALENDARIO DE SIEMBRA.

De acuerdo a los Planes de Cultivo de varios años y con la Declaración de Intención de Siembra se muestra el calendario y rotación de siembra en el sector de riego Jayanca dentro del cual se encuentra el sector Laynes.

Cuadro 4: Calendario de siembra

Cultivo	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Maíz												
Frijol												
Algodón												

FUENTE: Junta de Usuarios del valle La Leche.

II.3.3.DISPONIBILIDAD DE AGUA.

La disponibilidad u oferta de agua en el canal Laynes no está garantizada debido a que el río La Leche se caracteriza por ser un valle no regulado, no se cuenta con estructuras de almacenamiento o reservorio y solamente cuenta con agua en los meses de avenida del río La Leche, siendo el resto de agua un volumen aleatorio, de acuerdo a las condiciones climáticas.

Los caudales máximos se presentan durante los meses de Enero a Abril, disminuyendo paulatinamente hacia el mes de Septiembre, en que se presentan lluvias en la parte alta del Valle. (Junta de Usuarios del valle La Leche).

II.3.4.DEMANDA DE AGUA.

Para el cálculo de la demanda de agua Según MEF, [https://www.mef.gob.pe\(2011\)](https://www.mef.gob.pe(2011)) indica:

“A partir de la cédula de cultivo propuesta para el proyecto, calcula la demanda de agua para riego de las hectáreas mejoradas e incorporadas. Sigue los siguientes pasos:

1. Evapotranspiración potencial del cultivo (Eto)

Es la cantidad de agua consumida -durante un determinado lapso- en un suelo cubierto de vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua. Se expresa en mm/mes.

2. Factores de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de cada especie y expresa la capacidad de la planta para extraer el agua del suelo en las distintas etapas del período vegetativo. No se expresa en unidades.

3. Áreas parciales de cultivo (A)

Introduce las áreas parciales para cada cultivo. Se expresa en Has.

4. Factor Kc ponderado (Kc pon.)

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Kc \text{ pon} = \sum (A \times Kc) / \sum A$$

5. Evapotranspiración real del cultivo o uso consuntivo (UC)

Es el consumo real de agua por el cultivo. Este valor considera un consumo diferenciado de agua según el estado de desarrollo de la planta. Se expresa en mm/día.

$$UC = Eto \times K \text{ pon}$$

6. Precipitación efectiva (P. Efec.)

Es la cantidad de agua, del total de precipitación, que aprovecha la planta para cubrir sus necesidades parcial o totalmente. Se expresa en mm.

7. Requerimiento de agua (Req)

Es la lámina adicional de agua que se debe aplicar a un cultivo para que supla sus necesidades. Está expresada como la diferencia entre el uso consuntivo y la precipitación efectiva. Se expresa en mm.

$$Req = UC - P. \text{ Efec}$$

8. Requerimiento volumétrico neto de agua (Req. Vol. Neto)

Es el volumen de agua que requiere una hectárea de cultivo. Se expresa en m³/ha/mes. Req.

$$Vol. \text{ Neto} = Req \text{ (mm)} \times 10$$

9. Eficiencia de riego del proyecto (Ef. Riego)

Este factor indica cuan eficientemente se está aprovechando el agua. Los valores varían entre las diferentes modalidades de riego. No tiene unidades.

$$\text{Ef. Riego Proyecto} = \text{Ef. riego conducción} \times \text{Ef. riego distribución} \times \text{Ef. riego aplicación}$$

En proyectos de riego menor, mayormente el sistema de riego es por gravedad donde la eficiencia promedio es de 0.30.

10. Requerimiento volumétrico bruto del agua (Req. Vol. Bruto)

$$\text{Req. Vol. Bruto} = \text{Req. Vol. Neto} / \text{Ef. Riego Proyecto}$$

11. Número de horas de riego (N° horas riego)

Es el tiempo de riego efectivo en el que se podrá utilizar el sistema. Se expresa en horas.

12. Módulo de riego (MR).

Es el caudal continuo de agua que requiere una hectárea de cultivo. Se expresa en lt/s.

$$\text{MR} = \text{Req. Vol. Netox} \frac{1000}{\text{N}^\circ \text{ días/mes} \times \text{N}^\circ \text{ horas de riego/día} \times 3600}$$

13. Área total de la parcela (Área total)

Es la cantidad de terreno a irrigar con el proyecto.

14. Caudal disponible a la demanda (Q dem)

Es el caudal requerido por el sistema, de manera tal que se atiende a todos los usuarios. Se expresa en lt/s.

$$\text{Q dem} = \text{Área total} \times \text{MR}$$

Para cada cultivo debe llenarse el siguiente cuadro:

Cuadro 5: Formato de cuadro para cálculo de demanda de agua para riego.

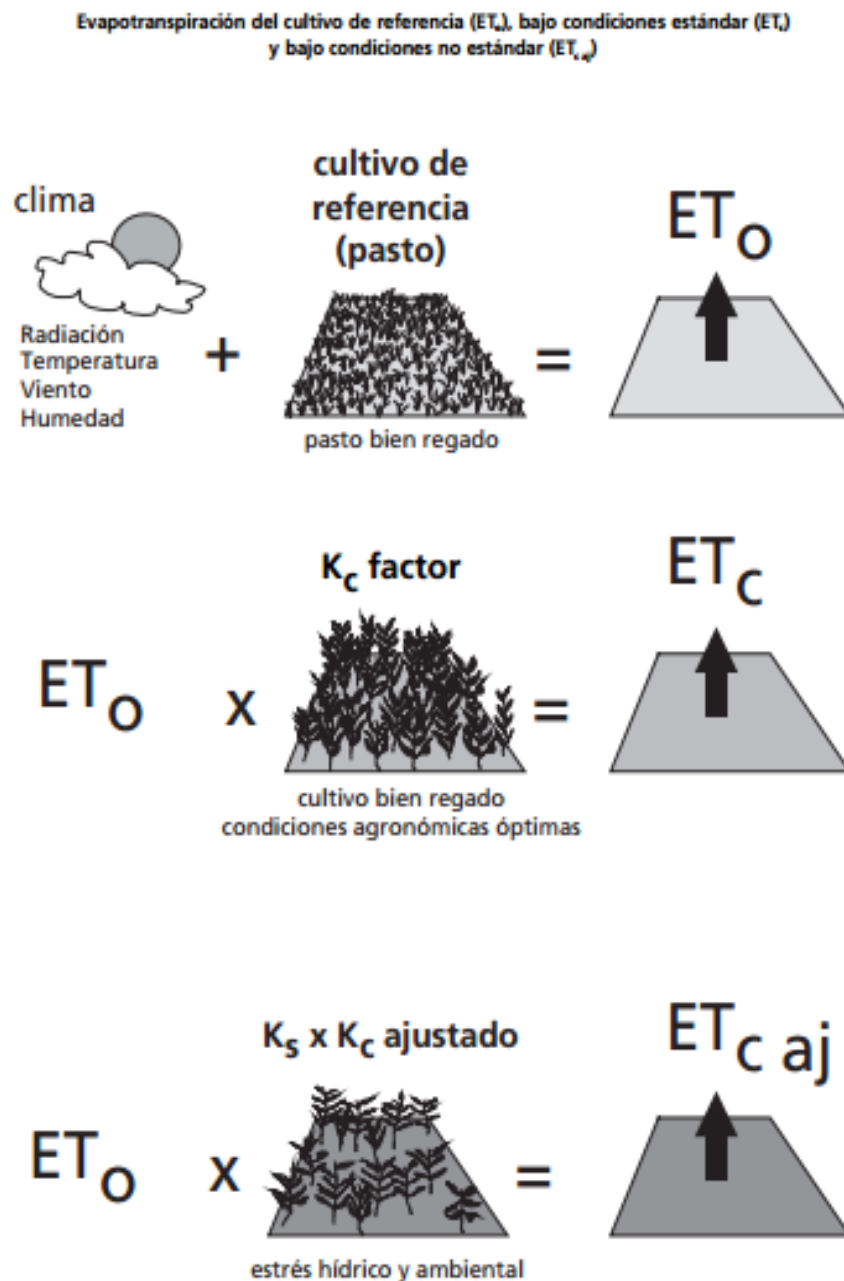
Paso	Variable	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	Eto	mm												
2	Kc pond.	–												
3	UC	mm												
4	P. Efec.	mm												
5	Req.	mm												
6	Req. Vol.	m ³ /ha												
7	Ef. riego	–												
8	N° horas	horas												
9	MR	lt/s												
10	Área total	ha												
11	Q dem.	lt/s												

FUENTE: MEF. Guía Simplificada para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Riego Menor, a Nivel de Perfil Ministerio de Economía y Finanzas. Primera publicación: junio 2011. <https://www.mef.gob.pe>.

➤ **EVAPOTRANSPIRACIÓN.**

Según FAO, <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/ido56s.pdf> (2006) indica: el concepto de evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET_{c aj}) (Figura 2). ET_o es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. ET_c se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua y que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. ET_c requiere generalmente una corrección, cuando no existe un manejo óptimo y se presentan limitantes ambientales que afectan el crecimiento del cultivo y que restringen la evapotranspiración, es decir, bajo condiciones no estándar de cultivo.

Figura 2: Evapotranspiración del cultivo de referencia bajo condiciones estándar y bajo condiciones no estándar



FUENTE:(FAO, Organización de las naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT 2006, <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/ldp56s.pdf>.)

II.4. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

II.4.1. ENSAYO GRANULOMETRICO.

REFERENCIAS.

N.T.P.339.128

ASTMD 422

C.Crespo Villalaz, Mecánica de suelos y cimentaciones, México, 5ed.limusa 2004.

J.E. Bowles, Engineering properties of soils and their measurements, by McGraw-Hill book Co. 1978, U.S.A. (experimento número 5).

a. OBJETIVO ENSAYO GRANULOMETRICO.

El presente ensayo tiene como objetivo calcular parámetros como:

- Porcentaje de gravas, arenas, finos.
- Curva granulométrica.
- Coeficiente de uniformidad (Cu), Coeficiente de curvatura (Cc)

b. EQUIPO.

- Juego de Tamices
- Horno: Que mantenga temperaturas constantes de 110 ± 5 °C.
- Recipientes para muestras.
- Balanza con precisión de 0,01g
- Balanza con precisión de 0,1g
- Cepillo, brocha.

Cuadro 6: Serie de Tamices usados para el ensayo por tamizado según la Norma ASTMD-422

3" (75.0 mm)	Nº 4 (4.75 mm)
2" (50.0 mm)	Nº 10 (2.00 mm)
1 ½" (37.5 mm)	Nº 20 (0.850mm)
1" (25.0 mm)	Nº 30 (0.600mm)
¾" (19.0 mm)	Nº 40 (0.425mm)
1/2" (12.5 mm)	Nº 60 (0.250mm)
3/8" (9.5 mm)	Nº 100 (0.150mm)
1/4" (6.3 mm)	Nº 200 (0.075mm)

c. MUESTRA DEL ENSAYO.

Se tamizara dos muestras:

- Muestra que pasa por tamiz N°4 (2mm) 100 a 150 gramos aproximadamente.
- Muestra retenida por tamiz N°4 (2mm) las masas dependen del tamaño de sus partículas, para diámetro máximo de partícula de 9.5mm corresponde 500 gramos aproximadamente, y 5000 gramos para un diámetro de partícula máximo de 76mm aproximadamente. Ver cuadro

Cuadro 7: Masa mínima de la porción de suelo retenida en tamiz 4.

Diámetro nominal de partículas más grandes pulg(mm)	Porción aproximada de masa mínima en gramos.
3/8(9.5mm)	500
¾(19mm)	1000
1(25.4mm)	2000
1 ½(38.1mm)	3000
2(50.8mm)	4000
3(76.2mm)	5000

d. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.

- Mezclar la muestra hasta obtener una muestra uniforme, dividir la muestra en cuatro partes iguales, luego se toma dos de estas partes y se mezcla .Proceder de esta manera hasta completar el peso requerido.
- Luego de obtener la muestra por cuarteo pesar la muestra y llevarla al horno por 24 horas.
- Secada y enfriada la muestra se tomara el peso del material requerido de acuerdo al cuadro N° 6
- Se procederá luego a lavar la muestra, se coloca en porciones la muestra en un deposito lavando el material grueso en el grifo sin necesidad de ponerlo en el tamiz con la finalidad de protegerlo, para luego lavar los finos a través del tamiz N° 200 hasta que el agua que salga por el tamiz sea clara.
- No será necesario el lavado de la muestra si al llevar al horno una pequeña porción de la muestra húmeda y una vez seco se observa desmoronamiento de los finos al romper un terrón con la fuerza de los dedos.
- Una vez lavada la muestra por la malla N° 200 el material retenido debe secarse en el horno por 24 horas .Luego de enfriarse la muestra se pesa, obteniéndose el peso lavado seco de la muestra.
- Proceder luego con el tamizaje utilizando la serie de tamices mostrados en el cuadro N° 6

- Separar las fracciones de las muestras retenidas hasta la fracción retenida en el tamiz N°4.
- Se pesa cada una de las fracciones retenidas en la balanza con precisión de 0.1g. El error máximo de la sumatoria de los pesos retenidos debe ser 1% del peso lavado seco de la muestra inicial.
- La segunda muestra del ensayo que pasan el tamiz N° 4, se separan por cuarteo 115 gramos para suelos arenosos y 65 gramos para suelos arcillosos y limosos.
- Luego se mezcla la muestra del suelo con 250 ml de agua en un recipiente cilíndrico, se puede agregar también 125 ml de hexametáfosfato. Se deja reposar por un periodo de 12 horas.
- El contenido del recipiente con la muestra se mezcla con un agitador metálico por un periodo de un minuto, luego se vacía en el tamiz 200 para proceder a lavar la muestra hasta que el agua que salga por el tamiz sea clara.
- Se deposita la muestra en un recipiente y se utilizara agua destilada para vaciar la muestra en su totalidad.
- Luego la muestra se lleva al horno a temperatura de 110 +- 5 °C hasta obtener una masa constante para luego enfriar a temperatura ambiente.
- Se procede luego con el tamizado de la muestra utilizando la serie de tamices 4, 10, 20, 30, 40, 60, 100, 200.
- Se pesan los materiales retenidos con la balanza de precisión de 0.01g.

Para partículas menores de 0.02mm aproximadamente o que pasen el tamiz 200 se realiza el ensayo granulométrico por hidrómetro.

e. FÓRMULAS.



$$\% \text{ Retenido} = \frac{W_{\text{malla}} \cdot 100}{W_i}$$

Donde:

W_{malla} = Peso retenido por la malla.

W_i = Peso lavado seco de la muestra.

- Fórmulas de interpolación

$$DX = DS - \frac{(\%PS - 10)(DS - DI)}{\%PS - \%PI}$$

Donde:

DX = Diámetro incógnita (D10, D30, D60)

DS=Diámetro de la malla superior.

DI=Diámetro de la malla inferior.

%PS=Porcentaje que pasa por la malla superior.

%PI=Porcentaje que pasa por la malla inferior.

- Coeficiente de uniformidad.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

D10=Diámetro efectivo Representa el diámetro de la partícula que corresponde al 10% en la curva granulométrica. Es decir 10% de las partículas son más finas que D10 y 90% más gruesas que D10.

D60=Diámetro de la partícula para el cual el 60% de las partículas son menores que ese diámetro.

- Coeficiente de curvatura.

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

- Un material bien graduado cumple:

$Cu > 6$ $1 \leq Cc \leq 3$ SW (arena bien gradada)

$Cu > 4$ $1 \leq Cc \leq 3$ GW (grava bien gradada)

Cuando el coeficiente de uniformidad (Cu) es menor que los valores indicados está mal graduado y el diámetro de sus partículas son prácticamente uniformes.

II.4.2. ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD.

REFERENCIAS.

N.T.P.339.127

ASTM D2216

C.Crespo Villalaz, Mecánica de suelos y cimentaciones, México, 5ed.limusa 2004.

J.E. Bowles, Engineering properties of soils and their measurements, by McGraw-Hill book Co. 1978, U.S.A. (experimento número 1).

a. OBJETIVO DEL ENSAYO.

EL objetivo del ensayo del contenido de humedad es determinar la cantidad de agua presente en una determinada muestra de suelo en función de su peso seco de la muestra.

b. EQUIPO.

- Horno: Que mantenga temperaturas constantes de 110 ± 5 °C.
- Balanza con precisión de 0,1g para muestras de más de 200 gramos.
- Balanza con precisión de 0,01g para muestras de menos de 200 gramos.
- Taras y recipientes resistentes a temperaturas altas y corrosión
- Tenazas y espátulas.

c. MUESTRA DEL ENSAYO.

Cuadro 8: Cantidad mínima de muestra húmeda recomendada para el ensayo.

Tamaño máximo de partícula (pasa 100%)		Contenido de humedad registrado con aproximación de $\pm 1\%$	Contenido de humedad registrado con aproximación de $\pm 0.1\%$
Tamiz(mm)	Tamiz equivalencia	Masa de la muestra	Masa de la muestra
2 mm	N°10	20 g.	20 g.
4.75 mm	N°4	20 g.	100g.
9.5 mm	3/8"	50 g.	500g.
19 mm	3/4"	250 g.	2.5 Kg
37.5 mm	1 1/2"	1 kg.	10 Kg
75.0mm	3"	5 kg.	50 Kg

- En arenas y gravas limpias el tiempo de secado puede ser menor.
- Para suelos orgánicos, suelos con alto contenido calcáreo, ciertas arcillas, ciertos suelos tropicales. Estos suelos contienen agua de hidratación levemente adherida, que expuestas a la temperatura de 110 °C cambiarían las características del suelo notable en el ensayo del límite de Atterberg. La ASTM recomienda secar estos suelos a una temperatura de 60 °C.

d. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.

- Pesar el recipiente (W tara)
- Colocar la muestra húmeda en el recipiente y pesar. (W tara + muestra)
- Colocar la tara con el suelo húmedo al horno a temperatura de 110 +/- 5 °C hasta obtener un peso constante generalmente entre 12 horas a 18 horas.
- Retirar la tara con el suelo seco con las tenazas.
- Luego pesarlo inmediatamente (W tara + muestra seca).

e. FÓRMULAS.

Datos:

Wtara

Wtara + Wsuelo húmedo

Wtara + W suelo seco

Resultados:

Wsuelo seco = (Wtara + Wsuelo seco) - (Wtara)

Wsuelo húmedo = (Wtara + Wsuelo húmedo) - (Wtara)

Wagua = Wsuelo húmedo – Wsuelo seco

Contenido de humedad del suelo.

$$\omega \% = \frac{W_{agua}}{W_{suelo\ seco}} \times 100$$

II.4.3. ENSAYO LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO.

REFERENCIAS.

N.T.P.339.129

ASTM D4318

C. Crespo Villalaz, Mecánica de suelos y cimentaciones, México, 5ed. limusa 2004.

J.E. Bowles, Engineering properties of soils and their measurements, by McGraw-Hill book Co. 1978, U.S.A. (experimento número 3).

II.4.3.1. EXPOSICION GENERAL.

Límite líquido.

Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Límite plástico.

Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico.

El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación (Experimento No. 13, J. Bowles) y ambos límites son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación (Experimento No. 9, J. Bowles). Los dos métodos de clasificación presentados en el Experimento No. 8 Clasificación de los suelos (J. Bowles) incorporan el uso del límite líquido y el límite plástico.

Los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, según Atterberg es de 25 g/cm². La cohesión del suelo en el límite líquido es prácticamente nula.

Realizar un gran número de ensayos de límite líquido puede tomar una gran cantidad de tiempo, la Estación Experimental de Hidrovías (Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss), en su Memorando Técnico No. 3-286 de junio de 1949, concluyó sobre el análisis de 767 ensayos, que el límite líquido puede establecerse a partir de un solo ensayo utilizando la ecuación:

$$\omega_L = \omega_N \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

ω_L = Límite líquido.

ω_N = contenido de humedad al número de golpes N obtenido en el ensayo.

El valor no es 0.121 para todos los suelos; sin embargo, se puede generalmente obtener buenos resultados a partir de esta ecuación, si el contenido de humedad ω_N utilizado en la fórmula se determina para un número N de golpes entre 20 y 30. (Experimento No. 3, J. Bowles).

III.4.3.2. ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO.

a. EQUIPO.

- Copa de Casagrande
- Ranurador tipo ASTM, o plano.
- Balanza: con aproximación de 0,01 g.

- Tamiz N° 40 y bandeja.
- Mortero, pocillos, taras.
- Probeta graduada, para proveer cantidades controladas de agua.
- Horno: Que mantenga temperaturas constantes de 110 ± 5 °C.

b. MUESTRA.

- Secar el suelo al aire libre, No es conveniente secar el suelo al horno para pasarlo a través del tamiz No. 40 pues esta práctica reduce el valor real de los límites líquidos y plástico del suelo.
- Se prepara la muestra seca disgregándola con el mortero, pasarla por el tamiz N° 40.
- Pesar 100 gramos de material que pasa el tamiz N° 40 para el ensayo de límite líquido.

c. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO.

- Calibrar la altura de la máquina de Casagrande que deberá ser de 1 centímetro. Se puede usar el extremo superior del ranurador ASTM que tiene forma de dado de 1 centímetro de altura por 13 milímetros de longitud, que sirve también para calibrar también la longitud de cierre de la muestra después de los respectivos golpes. Se pone el dado por debajo de la muestra y se gira la manivela hasta que ya no levante la copa.
- La muestra de 100 gramos colocado en un recipiente agregar agua destilada con una cantidad entre 10 y 20 mililitros, luego mezclar con la espátula disolviendo los grumos, si es necesario seguir colocando agua destilada entre 1 y 3 mililitros hasta obtener una mezcla homogénea y pastosa.
- De esta mezcla homogénea y pastosa se coloca una pequeña cantidad de material en la parte frontal de la cazuela cuyo espesor sea de 1 centímetro en su parte más profunda, emparejando la muestra con una espátula. Tener en cuenta que el espesor del ranurador ASTM mide también 1cm.
- Luego se corta la muestra con el ranurador dándole la curvatura si realiza con el ranurador ASTM.
- Se cierra luego la abertura en su parte más profunda en 13mm en longitud, aplicando para ello los respectivos golpes a una velocidad de 2 golpes por segundo.
- Se marca dos perpendiculares a la longitud cerrada en 13mm, para tomar la muestra de ambos lados de la abertura, para depositarlo en la tara previamente pesada, procediendo a pesar la tara con su respectiva muestra y colocarla en el horno para luego proceder con el cálculo de su contenido de humedad.
- En total en este procedimiento se tendrán que obtener tres muestras para contenido de humedad que cierren la abertura de 13mm en su parte más

profunda en tres series de golpes recomendadas de 15-25 golpes, 20-25 golpes, 25-35 golpes respectivamente. Para obtener las muestras en el rango de golpes deseadas se convierte en un procedimiento de ensayo y error, secando y humedeciendo la muestra con agua destilada de 1 a 3 mililitros, sobre una superficie plana lisa mezclando con la espátula; limpiar la copa después de cada ensayo.

- Los tres valores de contenido de humedad se ubican en la gráfica semilogarítmica del número de golpes (escala logarítmica) contra el contenido de humedad (escala aritmética), se une con una recta los tres puntos, el número de 25 golpes se intersectara en la recta con su respectivo contenido de humedad que representa el límite líquido.

II.4.3.3. ENSAYO LIMITE PLÁSTICO.

a. EQUIPO.

- Balanza: con aproximación de 0,01 g.
- Horno: Que mantenga temperaturas constantes de 110 +- 5 °C.
- Taras, vasija de evaporación.
- Placa de vidrio esmerilada.
- Espátula.
- Calibrador o pie de rey.

b. MUESTRA.

- Se utiliza 15 gramos aproximadamente de la muestra preparada para la realización del ensayo líquido.

c. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE LIMITE PLÁSTICO.

- De la muestra preparada se toman 1,5-2,0 gramos.
- Sobre la placa de vidrio se forma un rollo hasta llegar un diámetro uniforme de 3.2 milímetros.
- Si el rollito al llegar al diámetro de 3.2 milímetros no se cuarteo o desmorona, se rejunta la masa formando una esfera, para nuevamente formar el rollito de 3.2 mm y lograr su cuarteo, lo cual indica que alcanzado el límite plástico.
- Los rollitos se colocan en una tara previamente pesada, y se registra el peso de tara más muestra para determinar su contenido de humedad.
- Se deben colocar aproximadamente 5 gramos de muestra en cada tara.

d. FÓRMULAS.

- **Contenido de humedad para las muestras.**

$$\omega \% = \frac{W_{agua}}{W_{suelo seco}} \times 100$$

$\omega \%$ = *contenido de humedad*

W_{agua} = *peso de agua*

$W_{suelo seco}$ = *peso de suelo seco*

➤ **Limite plástico**

$$\omega_p = \frac{\omega_1 + \omega_2 + \dots \omega_n}{n}$$

ω_p = *limite plastico*

$\omega_1 + \omega_2 + \dots \omega_n$ = *contenido de humedad de las muestras*

n = *numero de contenidos de humedad.*

➤ **Índice de Plasticidad.**

$$IP = LL - LP$$

IP = *Indice de plasticidad*

LL = *Limite liquido*

LP = *limite plastico.*

II.4.3.4.CONSIDERACIONES.

Cuadro 9: Relación entre el potencial de hinchamiento y el índice de plasticidad Según Seed, Woodward y Luddgren, 1962.

Índice plástico	Potencial de hinchamiento
0-15	bajo
10-35	medio
20-55	alto
35 ó más	muy alto

Cuadro 10: Relación entre el grado de expansión y el límite líquido según Dakshanamurthy y Raman (1973)

Límite líquido (%)	Grado de Expansión
0-20	No hay hinchamiento
20-35	Bajo hinchamiento
35-50	Hinchamiento medio

50-70 70-90 mayor que 90	Alto hinchamiento Hinchamiento muy alto Hinchamiento extra alto
--------------------------------	---

II.4.4. ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA.

ASTM D854

MTC E 113-2000

J.E. Bowles, Engineering properties of soils and their measurements, by McGraw-Hill book Co. 1978, U.S.A. (experimento número 7).

Primer taller de mecánica de suelos, Universidad Nacional de Ingeniería, 2006, Perú.

a. Gravedad Específica.

La gravedad específica se define como la relación entre el peso específico de los sólidos y el peso específico del agua destilada a 4°C. Se expresa como:

$$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

γ_s = Peso específico del sólido

γ_w = Peso específico del agua destilada a 4°C

b. EQUIPO.

- Balanza: con aproximación de 0,01 g.
- Horno: Que mantenga temperaturas constantes de 110 +/- 5 °C.
- Picnómetro de 100 a 500 cm³ de capacidad.
- Bomba de vacío, con tuberías y uniones, o en su defecto un mechero o un dispositivo para hervir el contenido del picnómetro.
- Pipeta.
- Termómetro graduado, con una escala de 0 a 50 °C (32 a 122 °F) y con precisión de 0.1 °C (0.18 °F).
- Cápsula de evaporación.
- Baño de agua (baño María).
- Guantes de asbesto.
- Tamiz de 4.75mm (N° 4).

c. MUESTRA.

- Del material para el ensayo separar aproximadamente 5000 g y llevarlo al horno de secado. Una vez secado y disgregado el material se tamiza

con la malla N°4 .Este procedimiento es aplicable solamente a material que pasa el tamiz N°4.

- Por medio del método del cuarteo se selecciona la cantidad de material para realizar el ensayo. Ver cuadro 11

Cuadro 11: Masa recomendada para especímenes de prueba

Tipo de suelo	Masa seca del espécimen (g), usando un picnómetro de 250 ml	Masa seca del espécimen (g), usando un picnómetro de 500 ml
SP, SP-SM	60 ± 10	100 ± 10
SP-SC, SM, SC	45 ± 10	75 ± 10
Limo o Arcilla	35 ± 5	50 ± 10

SP: Arena mal gradada

SM: Arena Limosa

SC: Arena Arcillosa

d. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.

- Se pesa el picnómetro vacío.
- Se necesitara agua destilada y des-aireada para el ensayo ,para lo cual se vacía cierta cantidad de agua destilada en un vaso de precipitación, el agua de este vaso se vacía primero una parte en el picnómetro luego se conecta a la bomba de vacío se mueve con cuidado el picnómetro para acelerar la salida del aire y para no romper el picnómetro debido a la presión de la bomba , se forman primero pequeñas burbujas cuando se forma una burbuja grande es indicador de que el aire ya salió del agua destilada; luego se procede a vaciar el agua desairada en un segundo vaso con cuidado sin generar turbulencia.
- El resto de agua del primer vaso se vacía nuevamente en el picnómetro, Para proceder sacar el aire con la bomba de la misma forma como se describe anteriormente.
- El otro método de sacar el aire es hervir en baño maría el picnómetro con el agua destilada contenida.
- El ensayo debe de realizarse a una temperatura de 20°C, como generalmente no se cuenta con esa temperatura en el laboratorio se procede a calibrar el picnómetro, que consiste en tomar aproximadamente cuatro datos del peso del picnómetro lleno de agua des-aireada hasta el aforo y medirla por debajo del menisco con su respectivo registro de temperatura y graficar una curva con los cuatro

datos en el eje cartesiano de peso de picnómetro más agua contra temperatura. La temperatura del ensayo que debe estar en los rangos de la gráfica, se ubica y se encontrara en la gráfica el peso del picnómetro más agua, este es el motivo por lo que se realiza la calibración.

- Siguiendo con el proceso de calibración, se llena el agua des-aireada del vaso con cuidado sin generar turbulencia, en el picnómetro y llenarlo hasta la señal marcada en el picnómetro y medirla por debajo del menisco, sacando el excedente con la pipeta luego secarlo por dentro la parte no llena y también por fuera, luego se procede a pesar el picnómetro con su respectivo contenido de agua des-aireada y se registra su temperatura en el ambiente dejando estabilizar el termómetro un lapso de 30 segundos.
- Luego para obtener el segundo punto de la gráfica, se lleva el picnómetro más agua a baño maría y se registra la segunda temperatura, y debido a que al aumentar la temperatura, aumenta también su volumen se procede nuevamente a sacar el excedente con la pipeta y secar nuevamente con papel por dentro y por fuera el picnómetro para proceder luego a registrar el segundo peso de picnómetro más agua. Para el tercer y cuarto punto de la gráfica se repite el procedimiento de este segundo punto de la gráfica.
- Terminada la calibración, se empieza con el ensayo, donde el picnómetro lleno con agua des-aireada se vacía parte del volumen en un vaso de precipitación con cuidado y sin turbulencia, luego se coloca la muestra con el embudo en el picnómetro el material adherido en el cuello del picnómetro se baja con la pipeta llena con un poco de agua destilada, al colocar la muestra se genera aire atrapado ,procediendo luego a sacar el aire con la bomba, el tiempo recomendado es de 2 horas aproximadamente, pero se puede agilizar el proceso moviendo con cuidado el picnómetro para ayudar a sacar el aire atrapado, cuando ya aparece una burbuja grande que es ocasionada por el vacío se termina con el proceso. Luego con el agua des- aireada del vaso llenamos el picnómetro hasta llegar al aforo (señal de llenado marcado en el picnómetro), sacando el excedente con la pipeta, luego secamos el picnómetro, para luego pesarlo y registrar su temperatura, (temperatura del ensayo) el cual debe estar en el rango de temperaturas de calibración.
- La temperatura del ensayo se ubica en la gráfica de calibración para hallar el peso de picnómetro más agua.
- Luego se registrara el peso del recipiente vacío, donde se colocara el contenido del picnómetro de suelo más agua ,luego se llevara al horno para su secado a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener un peso constante, obteniéndose el W_s = peso de la muestra seca.

e. FÓRMULAS.



$$G_s = \frac{W_s \cdot K}{W_s + W_1 - W_2}$$

W_s = peso de la muestra seca

W_1 = peso del picnómetro llenado con agua destilada.

W_2 = peso del picnómetro llenado con agua y el suelo.

**K = Factor de corrección por temperatura del agua de
Ensayo.**

$$K = \frac{\gamma_T}{\gamma_{20^\circ C}}$$

γ_T = peso específico del agua a temperatura del ensayo.

$\gamma_{20^\circ C}$ = peso específico del agua a 20°C

Cuadro 12: Densidad del agua y factor de corrección (K) para temperaturas entre 15 °C y 30.9 °C.

Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)*	Coficiente de Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)*	Coficiente de Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)*	Coficiente de Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/ml)*	Coficiente de Temperatura (K)
15.0	0.9991	1.0009	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.9986	1.00039
0.1	0.99909	1.00088	0.1	0.99893	1.00072	0.1	0.99876	1.00055	0.1	0.99858	1.00037
0.2	0.99907	1.00087	0.2	0.99891	1.00071	0.2	0.99874	1.00054	0.2	0.99856	1.00035
0.3	0.99906	1.00085	0.3	0.99889	1.00069	0.3	0.99872	1.00052	0.3	0.99854	1.00034
0.4	0.99904	1.00084	0.4	0.99888	1.00067	0.4	0.99871	1.0005	0.4	0.99852	1.00032
0.5	0.99902	1.00082	0.5	0.99886	1.00066	0.5	0.99869	1.00048	0.5	0.9985	1.0003
0.6	0.99901	1.0008	0.6	0.99885	1.00064	0.6	0.99867	1.00047	0.6	0.99848	1.00028
0.7	0.99899	1.00079	0.7	0.99883	1.00062	0.7	0.99865	1.00045	0.7	0.99847	1.00026
0.8	0.99898	1.00077	0.8	0.99881	1.00061	0.8	0.99863	1.00043	0.8	0.99845	1.00024
0.9	0.99896	1.00076	0.9	0.99879	1.00059	0.9	0.99862	1.00041	0.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.0002	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
0.1	0.99839	1.00018	0.1	0.99819	0.99998	0.1	0.99797	0.99977	0.1	0.99775	0.99954
0.2	0.99837	1.00016	0.2	0.99816	0.99996	0.2	0.99795	0.99974	0.2	0.99773	0.99952
0.3	0.99835	1.00014	0.3	0.99814	0.99994	0.3	0.99793	0.99972	0.3	0.9977	0.9995
0.4	0.99833	1.00012	0.4	0.99812	0.99992	0.4	0.99791	0.9997	0.4	0.99768	0.99947
0.5	0.99831	1.0001	0.5	0.9981	0.9999	0.5	0.99789	0.99968	0.5	0.99766	0.99945
0.6	0.99829	1.00008	0.6	0.99808	0.99987	0.6	0.99786	0.99966	0.6	0.99764	0.99943
0.7	0.99827	1.00006	0.7	0.99806	0.99985	0.7	0.99784	0.99963	0.7	0.99761	0.9994
0.8	0.99825	1.00004	0.8	0.99804	0.99983	0.8	0.99782	0.99961	0.8	0.99759	0.99938
0.9	0.99823	1.00002	0.9	0.99802	0.99981	0.9	0.9978	0.99959	0.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.9973	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
0.1	0.99752	0.99931	0.1	0.99727	0.99907	0.1	0.99702	0.99881	0.1	0.99676	0.99855
0.2	0.99749	0.99929	0.2	0.99725	0.99904	0.2	0.997	0.99879	0.2	0.99673	0.99852
0.3	0.99747	0.99926	0.3	0.99723	0.99902	0.3	0.99697	0.99876	0.3	0.99671	0.9985
0.4	0.99745	0.99924	0.4	0.9972	0.99899	0.4	0.99694	0.99874	0.4	0.99666	0.99847
0.5	0.99742	0.99921	0.5	0.99717	0.99897	0.5	0.99692	0.99871	0.5	0.99665	0.99844
0.6	0.9974	0.99919	0.6	0.99715	0.99894	0.6	0.99689	0.99868	0.6	0.99663	0.99842
0.7	0.99737	0.99917	0.7	0.99712	0.99892	0.7	0.99687	0.99866	0.7	0.9966	0.99839
0.8	0.99735	0.99914	0.8	0.9971	0.99889	0.8	0.99694	0.99873	0.8	0.99657	0.99836
0.9	0.99732	0.99912	0.9	0.98707	0.99887	0.9	0.99681	0.9986	0.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99585	0.99744
0.1	0.99649	0.99828	0.1	0.99621	0.998	0.1	0.99592	0.99771	0.1	0.99562	0.99741
0.2	0.99646	0.99825	0.2	0.99618	0.99797	0.2	0.99589	0.99768	0.2	0.99559	0.99738
0.3	0.99643	0.99822	0.3	0.99615	0.99794	0.3	0.99586	0.99765	0.3	0.99556	0.99735
0.4	0.99641	0.9982	0.4	0.99612	0.99791	0.4	0.99583	0.99762	0.4	0.99553	0.99732
0.5	0.99638	0.99817	0.5	0.99609	0.99788	0.5	0.9958	0.99759	0.5	0.9955	0.99729
0.6	0.99635	0.99814	0.6	0.99607	0.99785	0.6	0.99577	0.99756	0.6	0.99547	0.99726
0.7	0.99632	0.99811	0.7	0.99604	0.99783	0.7	0.99574	0.99753	0.7	0.99544	0.99723
0.8	0.99629	0.99808	0.8	0.99601	0.9978	0.8	0.99571	0.9975	0.8	0.99541	0.9972
0.9	0.99627	0.99806	0.9	0.99598	0.99777	0.9	0.99568	0.99747	0.9	0.99538	0.99716

f. CONSIDERACIONES.

Tipo de suelo	G _s
Arena	2.65 - 2.67
Arena limosa	2.67 - 2.70
Arcilla inorgánica	2.70 - 2.80
Suelos con micas o hierro	2.75 - 3.00
Suelos orgánicos	Variable, puede ser inferior a 2.00

II.4.5. ENSAYO PESO UNITARIO DE SUELOS COHESIVOS

ASTM D2937-71

J.E. Bowles, Engineering properties of soils and their measurements, by McGraw-Hill book Co. 1978, U.S.A. (experimento número 22)

a. EQUIPO.

- Balanza: con aproximación de 0,01 g.
- Horno: Que mantenga temperaturas constantes de 110 +- 5 °C.
- Vaso graduado.
- Probeta graduada de 1000 ml.

b. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.

- Determinar el volumen del vaso graduado como V_c .
- Obtener una muestra de suelo cohesivo que no contenga agujeros evidentes.
- Pesar cuidadosamente la muestra para obtener W_t . Para mejores resultados las muestras deben pesar entre 400 y 700 g. Colocar la muestra en el vaso sin romperla.
- Llenar el cilindro graduado con agua del grifo a temperatura estabilizada (aproximadamente 20°C, dejando salir el agua del grifo durante un buen tiempo). A continuación llenar rápidamente el vaso graduado que contiene la muestra de suelo y registrar el volumen de agua utilizado como V_w . Vaciar rápidamente el vaso graduado, retirar la muestra de suelo y secar superficialmente con toallas de papel y volver a pesar. Si los pesos inicial y final se encuentran dentro de una aproximación de 1 a 2 g, el ensayo es bastante satisfactorio - una aproximación mayor requiere juicio de aceptación del ensayo.

Calcular el volumen de la muestra como:

$$V_s = V_c + V_w$$

- Colocar el suelo húmedo en un recipiente y secarlo al horno durante la noche para obtener W_s (a menos que se conozca el contenido de humedad del suelo).

e. FORMULAS.

$$\gamma_{humeda} = \frac{W_t}{V_s} \times 9.807 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{seco} = \frac{W_s}{V_s} \times 9.807 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{humeda} = \text{peso unitario o densidad humeda .}$$

$$\gamma_{seco} = \text{peso unitario o densidad seca.}$$

$$W_t = \text{peso humeda de la muestra}$$

$$W_s = \text{peso seco de la muestra}$$

$$V_s = \text{volumen de la muestra.}$$

II.4.5. ENSAYO DE CORTE DIRECTO.

ASTM D3080.

J.E. Bowles, Engineering properties of soils and their measurements, by McGraw-Hill book Co. 1978, U.S.A. (experimento número 17)

NTP 339.171.

a. GENERALIDADES.

El ensayo de corte directo induce la ocurrencia de una falla a través de un plano de localización predeterminado. Sobre este plano actúan dos fuerzas (o esfuerzos) - un esfuerzo normal debido a una carga vertical P_v aplicada externamente y un esfuerzo cortante debido a la aplicación de una carga horizontal P_h . Estos esfuerzos se calculan simplemente como:

$$\sigma_n = \frac{P_v}{A}$$

$$\tau = \frac{P_h}{A}$$

El ensayo de corte directo fue originalmente muy popular. Sin embargo, a medida que avanza el estado del arte, se ha vuelto cada vez menos popular por las siguientes razones:

1. El área de la muestra cambia a medida que el ensayo progresa, sin que esto sea demasiado significativo ya que la mayoría de las muestras "fallan" a deformaciones muy bajas.
2. La superficie de falla real no es un plano, como se supuso o se intentó obtener con el tipo de caja de corte que se diseñó, ni tampoco se tiene una distribución uniforme del esfuerzo cortante a lo largo de la superficie de "falla" como también se supuso.
3. El ensayo usa una muestra muy pequeña, con el consiguiente resultado de que los errores de preparación son relativamente importantes.
4. El tamaño de la muestra excluye la posibilidad de hacer mucha investigación de las condiciones de presión de poros durante el ensayo.
5. No es posible determinar el módulo de elasticidad ni el de la relación de Poisson.
6. Posteriormente se desarrolló el aparato para hacer el ensayo triaxial.

Los ensayos de corte directo pueden clasificarse como sigue:

1. Ensayos no consolidados-no drenados o ensayos U.

El corte se inicia antes de consolidar la muestra bajo la carga normal P_o' . Si el suelo es cohesivo, y saturado, se desarrollará exceso de presión de poros. Este ensayo es análogo al ensayo triaxial no consolidado drenado.

2. Ensayo consolidado-no drenado.

Se aplica la fuerza normal, y se observa el movimiento vertical del deformímetro hasta que pare el asentamiento antes de aplicar fuerza cortante. Este ensayo puede situarse entre los ensayos triaxiales consolidado-no drenado y consolidado-drenado.

3. Ensayo consolidado-drenado.

La fuerza normal se aplica, y se demora la aplicación del corte hasta que se haya desarrollado todo el asentamiento; se aplica a continuación la fuerza cortante tan lento como sea posible para evitar el desarrollo de presiones de poros en la muestra. Este ensayo es análogo al ensayo triaxial consolidado-drenado.

Para suelos no cohesivos, estos tres ensayos dan el mismo resultado, esté la muestra saturada o no, y por supuesto, si la tasa de aplicación del corte no es demasiado rápida.

Para materiales cohesivos, los parámetros de suelos están marcadamente influidos por el método de ensayo y por el grado de saturación, y por el hecho de que el material esté normalmente consolidado o sobreconsolidado. Generalmente, se obtienen para suelos sobreconsolidados dos conjuntos de parámetros de resistencia - un conjunto para ensayos hechos con cargas inferiores a la presión de preconsolidación y un segundo juego para cargas

normales mayores que la presión de preconsolidación. Donde se sospeche la presencia de esfuerzo de preconsolidación en un suelo cohesivo sería aconsejable hacer seis o más ensayos para garantizar la obtención de los parámetros adecuados de resistencia al corte.

b. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE LABORATORIO.

b.1.SUELO NO COHESIVO.

1. Pesar un plato grande de arena seca (o mojada con el contenido de humedad conocido con exactitud) con suficiente material para hacer por lo menos tres ensayos a la misma densidad.
2. Ensamblar cuidadosamente la caja de corte (retroceder cualquier separación existente entre las partes de la caja y los tornillos de empalme) y fijar la caja en posición. Obtener la sección transversal A de la muestra.
3. Colocar cuidadosamente la arena en la caja de corte hasta cerca de 5 mm del borde de la superficie del anillo y colocar el pistón de carga (incluyendo la piedra porosa) sobre la superficie del suelo. Tomar un nivel pequeño y verificar la nivelación del pistón o bloque de carga.
4. Aplicar la carga normal P_v deseada y colocar el dial para determinar el desplazamiento vertical (con precisión de 0.01 mm por división).
Para ensayos consolidados, registrar en el dial el desplazamiento vertical y comenzar el ensayo, solo cuando el asentamiento ha parado. Para suelos no cohesivos esto puede hacerse a partir de la aplicación de P_v .
5. Separar dos partes de la caja de corte desplazando los tornillos espaciadores que se encuentran en la parte superior de la caja de corte. El espacio desplazado debería ser ligeramente superior (al ojo) que el tamaño más grande de partículas presente en la muestra.
A continuación se debe fijar el bloque de carga apretando los tornillos de fijación provistos para tal propósito a los lados de la parte superior de la caja de corte. Inmediatamente después separar los tornillos espaciadores de manera que se libere la parte inferior de la caja de corte; en este momento la carga normal, la mitad de la carga de la caja de corte, y el bloque o pistón de carga se encuentran actuando sobre la muestra de suelo.
6. Ajustar el deformímetro de carátula (0.01 mm/división) para medir el desplazamiento en cortante.
7. Para ensayos saturados, saturar la muestra llenando la caja de corte y permitiendo transcurrir suficiente tiempo para que tenga lugar la saturación. Asegurarse de que las piedras porosas que se encuentran en la caja de corte estén saturadas si el suelo al ensayarse contiene alguna humedad.
8. Comenzar la carga horizontal (cortante) y tomar lecturas del deformímetro de carga, del deformímetro de desplazamiento cortante, y del deformímetro

vertical (cambio de volumen). Si el ensayo es de tipo deformación unitaria controlada, se deben tomar esas lecturas a desplazamientos horizontales de: 5, 10, Y cada 10 ó 20 unidades de desplazamiento horizontal Utilizar una tasa de deformación unitaria del orden de 0.5 a no más de 2 mm/minuto La tasa de deformación unitaria debería ser tal que la muestra "falle" entre 3 y 5 minutos.

Se observa que cuando la aguja del deformímetro de carga comienza a regresar es cuando la muestra falla.

9. Retirar la arena de la caja de corte y repetir los pasos 1 a 8 sobre por lo menos dos muestras adicionales y a una densidad ojalá dentro de los 5 g Y no más de 10 g respecto a la cantidad de suelo usada en el primer ensayo. Asegurarse de que la arena ocupe el mismo volumen utilizando las marcas de referencia del paso No. 3.

En el paso 4 usar un valor diferente de P_v para cada ensayo (se sugiere doblar la carga exterior, por ejemplo, 4, 8, 16 kg más el peso del bloque o pistón de carga para esos tres ensayos ó 5, 10, 20, kg, etc.).

b.2.SUELO COHESIVO.

1. Moldear cuidadosamente tres o cuatro muestras al mismo tamaño (y, ojalá, a la misma densidad) tomadas de una muestra de bloque grande, o de una muestra de tubo, o de cualquier otro tipo de fuente. Utilizar un anillo cortante de manera que el tamaño pueda ser controlado bastante aproximadamente. Cualquier muestra con un peso apreciablemente diferente de las otras debe descartarse y en su lugar moldear otra muestra.

Nota: Se pueden necesitar seis muestras si el suelo está inalterado y preconsolidado mantener las muestras en ambiente de humedad controlada mientras se hace el moldeo, la preparación de la máquina de corte y los demás detalles del ensayo.

2. Retroceder la separación y el agarre de los tomillos guía en la parte superior de la caja de corte y ensamblar las dos partes. Asegurarse de que las piedras porosas están saturadas a menos que se vaya a ensayar un suelo seco.

Medir las dimensiones de la caja de corte para calcular el área de la muestra.

3. Colocar el bloque o pistón de carga en su sitio sobre el suelo, la carga normal P_v Y ajustar el deformímetro de carátula vertical para un ensayo consolidado es necesario controlar el deformímetro vertical igual que para el ensayo de consolidación (experimento No. 13, J.Bowles) para determinar cuando la consolidación haya terminado.

4. Separar cuidadosamente las mitades de la caja de corte dejando una .pequeña separación apenas mayor que el tamaño de la partícula más grande presente en el suelo, retroceder los tomillos de separación y empalmar la cabeza de carga en su sitio utilizando los tomillos fijos para tal propósito.

Ser extremadamente cuidadoso al separar la caja de corte cuando se ensaya una arcilla blanda porque parte del material puede ser extruido fuera de la caja por la zona de separación -utilizar en esos casos cargas verticales pequeñas y/o hacer si puede requerir el hacer la consolidación antes de la separación de las cajas.

5. Acoplar el deformímetro de deformación cortante, fijar en cero tanto el deformímetro horizontal como el vertical. Para ensayos saturados, es necesario llenar la caja de corte con agua y esperar un tiempo razonable para que se produzca la saturación de la muestra.

6. Comenzar la carga horizontal (cortante) y tomar lecturas del deformímetro de carga, desplazamiento de corte y desplazamientos verticales (de cambio de volumen). Si el ensayo se hace a deformación unitaria controlada tomar estas lecturas a desplazamientos horizontales de 5,10 y cada 10 ó 20 unidades del deformímetro de desplazamiento horizontal.

Utilizar tasas de deformación unitaria demasiado altas, ya que es posible que la carga pico de corte esté entre dos lecturas. La tasa de deformación unitaria debería ser tal que la muestra "falle" en 5 a 10 min a menos que el ensayo sea de tipo Consolidado-Drenado.

La velocidad de deformación para el ensayo Consolidado-Drenado debería ser tal que el tiempo para que la falla ocurra t_f sea:

$$t_f \cong 50t_{50}$$

Donde t_{50} es el tiempo necesario para que ocurra el 50% de la consolidación bajo la carga normal P_v . Si t_{50} no es fácil de obtener, puede utilizarse:

$$t_f = 35t_{60} = 25t_{70} = 12t_{90}$$

Puede hacerse una gráfica de la lectura de deformación vertical contra el log del tiempo similar a la del ensayo de consolidación del suelo. Cuando P_v es muy grande podría ser necesario aplicar la carga en incrementos en vez, de aplicarla toda de una vez por las razones discutidas en el experimento No. 13(J.Bowles).

7. Remover el suelo y tomar una muestra para contenido de humedad. Repetir los pasos 2 a 6 para dos o más muestras adicionales. Si el suelo está preconsolidado y se utilizan seis muestras para el ensayo, es preciso asegurarse de utilizar un rango de tres cargas normales a cada lado del esfuerzo de preconsolidación.

c. CÁLCULOS.

- Contenido inicial de humedad.
- Peso unitario seco inicial y peso unitario húmedo inicial.
- Esfuerzos de corte.
- Relación de vacíos antes y después de la consolidación
- Del grafico esfuerzo de corte máximo contra esfuerzo normal se obtienen los valores del ángulo de fricción ϕ y de la cohesión, C .

II.4.6. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD-CARGA VARIABLE.

Referencias:

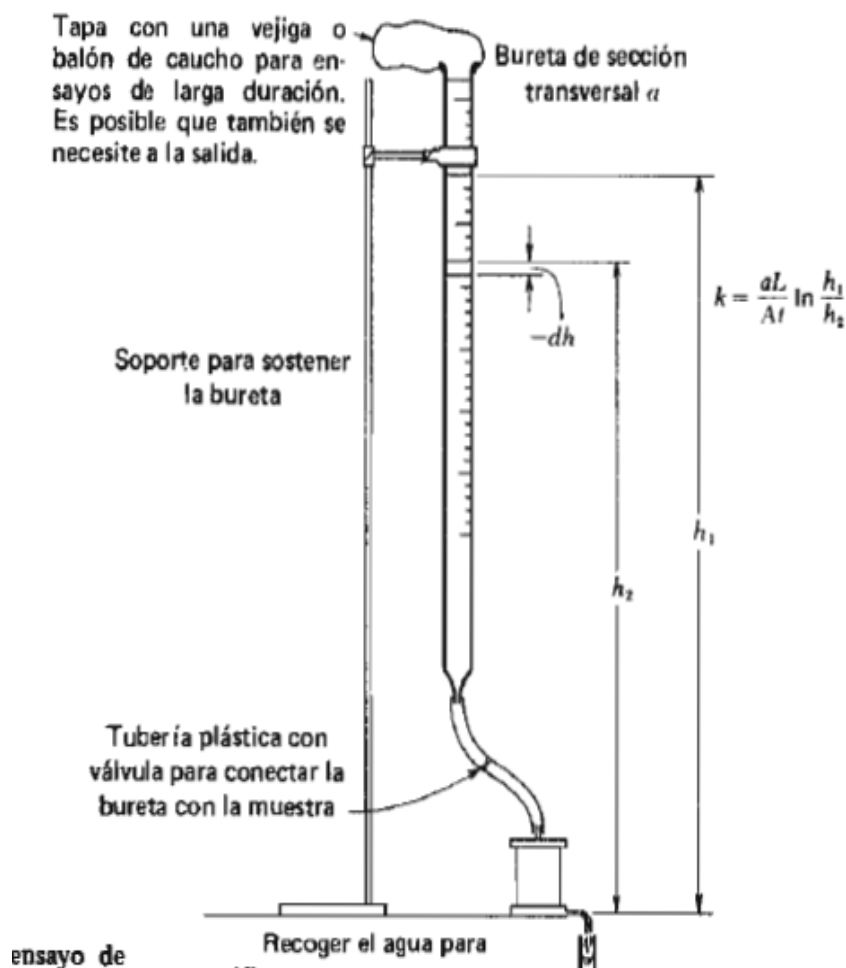
- J.E. Bowles, Engineering properties of soils and their measurements, by McGraw-Hill book Co. 1978, U.S.A. (experimento número 12)
- Como utilizar un permeámetro de laboratorio, Universidad Politécnica de Valencia, España.

a. INTRODUCCION.

La permeabilidad del suelo expresa la tasa o velocidad con la que un fluido circula por él y depende tanto de las características de su espacio poroso derivados de su textura y estructura como de la densidad y viscosidad del fluido circulante (para este caso agua).

b. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE LABORATORIO.

Figura 3: Permeámetro carga variable



FUENTE: J.Bowles, Experimento 12.

1. Tomar una muestra de suelo inalterada en un cilindro de dimensiones conocidas, sin piedras ni grietas ni fisuras por las que el agua pueda circular libremente, a continuación saturar la muestra, para lo cual colocaremos en el cilindro de muestra sobre la cara correspondiente a la superficie del terreno un filtro de doble malla que deje pasar el agua pero que impida que caiga el suelo fuera del anillo sobre todo en el momento de volcar la muestra, situar todo el conjunto sobre un bloque de material poroso dentro de un recipiente con agua, vaciar el agua lentamente sin generar turbulencia para no introducir aire. El tiempo de saturación de la muestra debe ser de 24 horas. Colocar el cilindro con la muestra en el permeámetro de manera que el agua atraviese primero por la cara correspondiente a la parte externa de superficie de terreno hacia la parte más profunda del suelo.
2. Llenar la bureta (o tubería de entrada) hasta una altura conveniente y medir la cabeza hidráulica a través de la muestra para obtener h_1 .
3. Iniciar el flujo de agua y echar a andar simultáneamente el cronómetro. Dejar que el agua corra a través de la muestra hasta que la bureta (o tubería de entrada) se encuentre casi vacía. Simultáneamente parar el flujo y registrar el tiempo transcurrido. Obtener la cabeza h_2 . Registrar la temperatura del ensayo.
Si es necesario registrar el área de la tubería de entrada a , se puede recoger el agua en un recipiente tipo beaker.
4. Volver a llenar la bureta (o tubería de entrada) de agua y repetir el ensayo dos veces adicionales. Utilizar los mismos valores para h_1 y h_2 , y obtener los tiempos transcurridos correspondientes. Hacer mediciones de temperatura para cada ensayo.
5. calcular el coeficiente de permeabilidad a la temperatura del ensayo, k_t y a 20°C . Obtener correcciones para viscosidad del agua a partir del cuadro 13. Promediar los resultados para k (nótese que un valor único puede calcularse si no hay variación en la temperatura mayor de 1 a 2°C y si se utilizó h_1 y h_2 constante para todos los diferentes ensayos, ya que el tiempo puede ser promediado en esas condiciones).

Cuadro 13: Corrección de Viscosidad para n_t/n_{20}

°C	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
10	1.3012	1.2976	1.2940	1.2903	1.2867	1.2831	1.2795	1.2759	1.2722	1.2686
11	1.2650	1.2615	1.2580	1.2545	1.2510	1.2476	1.2441	1.2406	1.2371	1.2336
12	1.2301	1.2268	1.2234	1.2201	1.2168	1.2135	1.2101	1.2068	1.2035	1.2001
13	1.1968	1.1936	1.1905	1.1873	1.1841	1.1810	1.1777	1.1746	1.1714	1.1683
14	1.1651	1.1621	1.1590	1.1560	1.1529	1.1499	1.1469	1.1438	1.1408	1.1377
15	1.1347	1.1318	1.1289	1.1260	1.1231	1.1202	1.1172	1.1143	1.1114	1.1085
16	1.1056	1.1028	1.0999	1.0971	1.0943	1.0915	1.0887	1.0859	1.0830	1.0802
17	1.0774	1.0747	1.0720	1.0693	1.0667	1.0640	1.0613	1.0586	1.0560	1.0533
18	1.0507	1.0480	1.0454	1.0429	1.0403	1.0377	1.0351	1.0325	1.0300	1.0274
19	1.0248	1.0223	1.0198	1.0174	1.0149	1.0124	1.0099	1.0074	1.0050	1.0025
20	1.0000	0.9976	0.9952	0.9928	0.9904	0.9881	0.9857	0.9833	0.9809	0.9785
21	0.9761	0.9738	0.9715	0.9692	0.9669	0.9646	0.9623	0.9600	0.9577	0.9554
22	0.9531	0.9509	0.9487	0.9465	0.9443	0.9421	0.9399	0.9377	0.9355	0.9333
23	0.9311	0.9290	0.9268	0.9247	0.9225	0.9204	0.9183	0.9161	0.9140	0.9118
24	0.9097	0.9077	0.9056	0.9036	0.9015	0.8995	0.8975	0.8954	0.8934	0.8913
25	0.8893	0.8873	0.8853	0.8833	0.8813	0.8794	0.8774	0.8754	0.8734	0.8714
26	0.8694	0.8675	0.8656	0.8636	0.8617	0.8598	0.8579	0.8560	0.8540	0.8521
27	0.8502	0.8484	0.8465	0.8447	0.8428	0.8410	0.8392	0.8373	0.8355	0.8336
28	0.8318	0.8300	0.8282	0.8264	0.8246	0.8229	0.8211	0.8193	0.8175	0.8157
29	0.8139	0.8122	0.8105	0.8087	0.8070	0.8053	0.8036	0.8019	0.8001	0.7984
30	0.7967	0.7950	0.7934	0.7917	0.7901	0.7884	0.7867	0.7851	0.7834	0.7818
31	0.7801	0.7785	0.7769	0.7753	0.7737	0.7721	0.7705	0.7689	0.7673	0.7657
32	0.7641	0.7626	0.7610	0.7595	0.7579	0.7564	0.7548	0.7533	0.7517	0.7502
33	0.7486	0.7471	0.7456	0.7440	0.7425	0.7410	0.7395	0.7380	0.7364	0.7349
34	0.7334	0.7320	0.7305	0.7291	0.7276	0.7262	0.7247	0.7233	0.7218	0.7204
35	0.7189	0.7175	0.7161	0.7147	0.7133	0.7120	0.7106	0.7092	0.7078	0.7064

c. FORMULAS.



$$K_t = \frac{\alpha L}{A t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Donde:

K_t = permeabilidad del suelo

α = área de la sección transversal de la bureta cm²

L = longitud de la muestra en cm

h_1 = cabeza hidráulica a través de la muestra al comienzo de experimento ($t = 0$)

h_2 = cabeza hidráulica a través de la muestra al final del ensayo ($t = t_{\text{ensayo}}$)

t = tiempo transcurrido durante el experimento, en segundos

$\ln$ = logaritmo natural (en base 2.7182818 ...)

$$\text{➤ } K_{20} = \frac{K_t n_t}{n_{20}}$$

II.4. HIDRÁULICA.

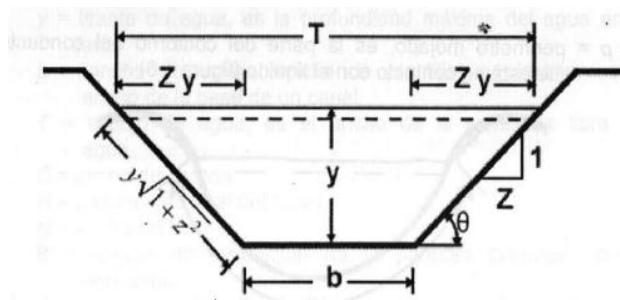
REFERENCIAS:

- M.Villón, Hidráulica de canales ,1aed.Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica 1995- 2aed.Editorial Villón, Lima. Perú 2007.
- Ven Te Chow, Open Channel Hydraulics, Mc Graw Hill, USA.

II.4.1. Relaciones geométricas de secciones transversales de un canal mas frecuentes.

a) Sección trapecial.

Figura 4: Sección trapecial.



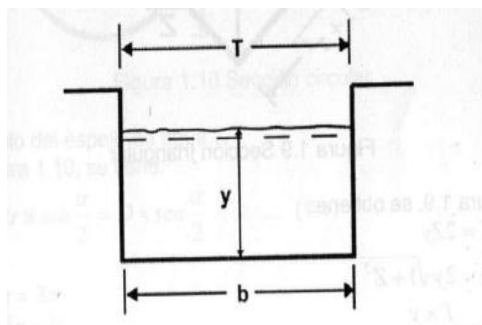
FUENTE: M.Villón, Hidráulica de canales.

Donde:

$$\begin{aligned}T &= b + 2Zy \\p &= b + 2y\sqrt{1 + Z^2} \\A &= \frac{(T + b)}{2} y \\A &= \frac{(b + 2Zy + b)}{2} y\end{aligned}$$

b) Sección rectangular.

Figura 5: Sección rectangular.



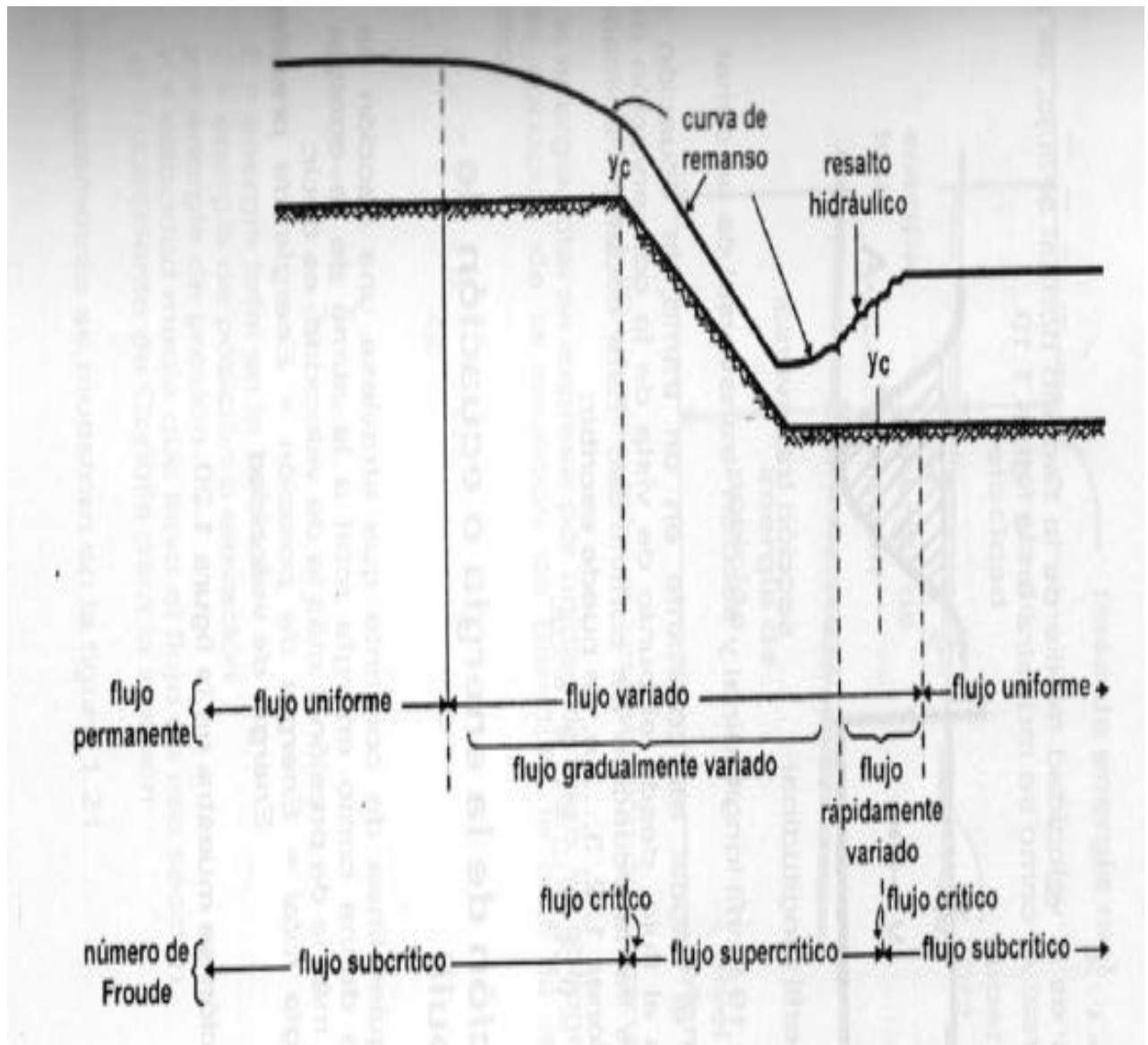
FUENTE: M.Villón, Hidráulica de canales.

De la figura:

$$\begin{aligned}T &= b \\p &= b + 2y \\A &= by \\R &= \frac{by}{b + 2y}\end{aligned}$$

II.4.2. Tipos de flujos en canales.

Figura 6: Tipos de flujos en canales abiertos.



FUENTE: M.Villón, Hidráulica de canales.

II.4.2. 1. El número de Froude (F).

Es un número adimensional que relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido y nos indica el estado del flujo hidráulico.

Para canales:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gy}} = \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{T}}}$$

- **$F > 1$ Flujo rapido, torrencial o supercritico**
- **$F = 1$ flujo critico**
- **$F < 1$ flujo lento, fluvial, subcritico**

II.4.3.Ecuación de continuidad.

El caudal Q, o el volumen de fluido que circula por una sección en la unidad de tiempo, está dado por:

$$Q = vA$$

Cuando el caudal es constante en un tramo, la ecuación que gobierna el flujo, desde el punto de vista de la conservación de la masa, se llama ecuación de continuidad .Esta ecuación aplicada a las secciones 1,2,3...n, se puede escribir :

$$V_1A_1=v_2A_2 =... = v_nA_n =cte.$$

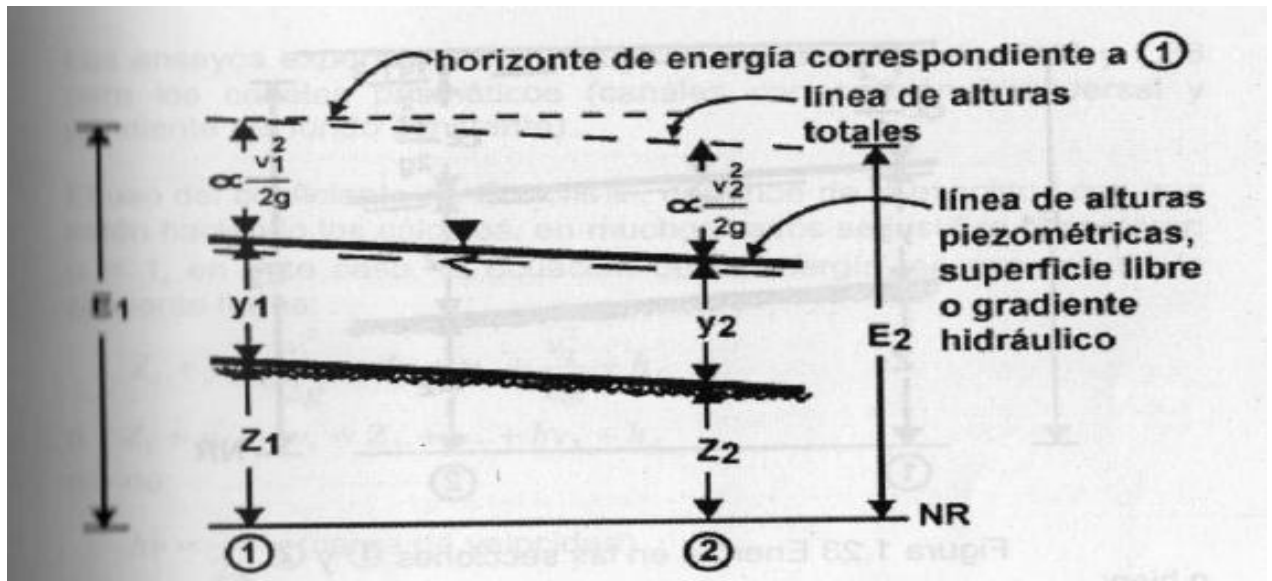
II.4.4.Ecuación de la energía o ecuación de B e r n o u l l i.

En cualquier línea de corriente que atraviesa una sección de un canal, se define como energía total la suma de la energía de posición, más la de presión y más de la velocidad, es decir:

$$Energía\ total = Energía\ de\ posición + Energía\ de\ presión + Energía\ de\ velocidad.$$

Esta relación se muestra la figura 7:

Figura 7: Energía total en una sección de un canal

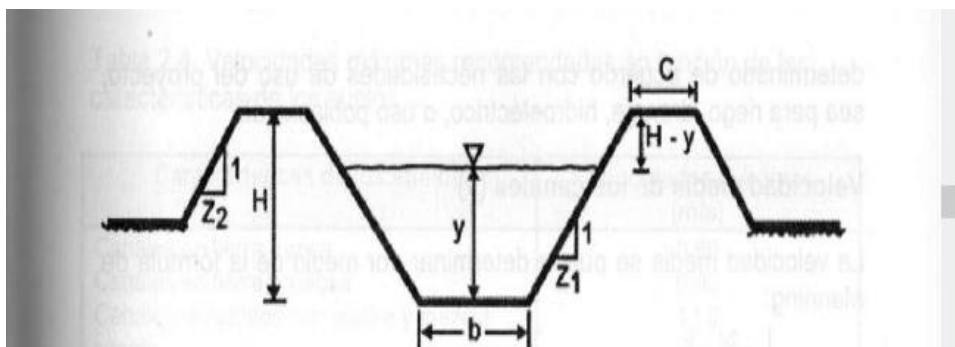


FUENTE: M.Villón, Hidráulica de canales.

II.4.5.Consideraciones prácticas para el diseño de canales.

A nivel de parcela, lo más generalizado es encontrarnos con canales de tierra de sección trapezoidal (figura 8), por lo cual las recomendaciones que se proporcionan estarán orientadas más a este tipo de canales.

Figura 8: Elementos geométricos de un canal.



FUENTE: M.Villón, Hidráulica de canales.

El diseño de un canal implica darle valor numérico a las siguientes especificaciones técnicas:

Q = caudal en m^3/s

v = velocidad media del agua en m/s

S = pendiente en m/m

n = coeficiente de rugosidad.

Z = talud.

b = ancho de solera en m .

y = tirante en m .

A = área hidráulica en m^2

$B.L. = H - y$ = borde libre en m .

H = profundidad total desde la corona al fondo del canal en m .

C = ancho de corona en m .

C a u d a l (Q)

Para el diseño de un canal a nivel parcelario, el caudal tiene que ser un dato de partida, que se puede calcular con base en el módulo de riego ($l/s/ha$), la superficie que se va a regar (ha) y el caudal que resulte de las pérdidas por infiltración durante la conducción.

➤ **Velocidad media de los canales (v).**

La velocidad media se puede determinar por medio de la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Las velocidades en los canales varían en un ámbito cuyos límites son:

La velocidad mínima, -que no produzca depósitos de materiales sólidos en suspensión (sedimentación)-, y la máxima -que no produzca erosión en las paredes y el fondo del canal-. Las velocidades superiores a los valores máximos permisibles, modifican las rasantes y crean dificultades en el funcionamiento de las estructuras del canal. A la inversa, la sedimentación debida a velocidades muy bajas, provoca problemas por embancamiento y disminución de la capacidad de conducción, y origina mayores gastos de conservación.

Se han encontrado muchos resultados experimentales sobre estos límites, para canales alojados en tierra, en general están comprendidos entre 0,30 y 0,90 m/s .

El Cuadro N° 14 proporciona el rango de velocidades máximas recomendadas, en función de las características del material en el cual están alojados.

Cuadro 14: Velocidades máximas recomendadas en función de las características de los suelos.

Características de los suelos	Velocidades máximas (m/s)
Canales en tierra franca	0,60
Canales en tierra arcillosa	0,90
Canales revestidos con piedra y mezcla simple	1,00
Canales con mampostería de piedra y concreto	2,00
Canales revestidos con concreto	3,00
Canales en roca:	
pizarra	1,25
areniscas consolidadas	1,50
roca dura, granito, etc.	3 a 5

FUENTE: M.Villón, Hidráulica de canales.

➤ **Pendiente admisible en canales de tierra (S)**

La pendiente, en general, debe ser la máxima que permita dominar la mayor superficie posible de tierra y que, a la vez, dé valores para la velocidad que no causen erosión del material en el que está alojado el canal, ni favorezca el depósito de azolve.

Nota: Resulta práctico durante los cálculos, no darse valores de velocidad, sino chequearlos, ya sea aplicando la fórmula de Manning o la ecuación de continuidad, de tal manera que los resultados obtenidos estén dentro del rango recomendado.

La pendiente máxima admisible para canales de tierra varían según la textura; en el Cuadro N° 15 se muestran las pendientes máximas recomendadas en función del tipo de suelo.

Cuadro 15: Pendiente admisible en función del tipo de suelos.

Tipo de suelo	Pendiente (S) (%)
Suelos sueltos	0,5 – 1,0
Suelos francos	1,5 – 2,5
Suelos arcillosos	3,0 – 4,5

FUENTE: M.Villón, Hidráulica de canales.

Notas:

- 1) Durante el diseño no necesariamente se deben tomar estos valores máximos.
- 2) cuando las velocidades resultan erosivas, reducir la pendiente produce una sensible disminución de la velocidad.

➤ **Taludes (Z).**

Los taludes se definen como la relación de proyección horizontal a la vertical de la inclinación de las paredes laterales.

La inclinación de las paredes laterales depende en cada caso particular de varios factores, pero muy particularmente de la clase de terreno en donde están alojados.

Mientras más inestable sea el material, menor será el ángulo de inclinación de los taludes.

En el cuadro se indican los valores de los taludes recomendados para distintos materiales.

Cuadro 16: Taludes recomendados en función del material.

Características de los suelos	Canales poco profundos	Canales profundos
Roca con buenas condiciones	Vertical	0,25 : 1
Arcillas compactas o conglomerados	0,5 : 1	1 : 1
Limos arcillosos	1 : 1	1,5 : 1
Limoso - arenosos	1,5 : 1	2 : 1
Arenas sueltas	2 : 1	3 : 1

➤ **Coefficiente de rugosidad (n).**

En forma práctica los valores del coeficiente de rugosidad que se usa para el diseño de canales alojados en tierra están comprendidos entre 0.025 y 0.030, y para canales revestidos de concreto se usan valores comprendidos entre 0.013 y 0.015.

Cuadro 17: Valores del coeficiente de rugosidad Manning (n)

Tipo de canal y descripción		Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos				
A-1. Metal				
a. Latón, liso		0.009	0.010	0.013
b. Acero				
1. Estriado y soldado		0.010	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral		0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido				
1. Recubierto		0.010	0.013	0.014
2. No recubierto		0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado				
1. Negro		0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado		0.013	0.016	0.017
e. Metal corrugado				
1. Subdrenaje		0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias		0.021	0.024	0.030
A-2. No metal				
a. Lucita		0.008	0.009	0.010
b. Vidrio		0.009	0.010	0.013
c. Cemento				
1. Superficie pulida		0.010	0.011	0.013
2. Mortero		0.011	0.013	0.015
d. Concreto				
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras		0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras		0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado		0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto		0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico		0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa		0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa		0.015	0.017	0.020
e. Madera				
1. Machihembrada		0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada		0.015	0.017	0.020
f. Arcilla				
1. Canaleta común de baldosas		0.011	0.013	0.017
2. Alcantarilla vitrificada		0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.		0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas		0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillo				
1. Barnizada o lacada		0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento		0.012	0.015	0.017
h. Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones		0.012	0.013	0.016
i. Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso		0.016	0.019	0.020
j. Mampostería de piedra, cementada		0.018	0.025	0.030

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060

FUENTE: Open Channel Hydraulics, Ven Te Chow, Mc Graw Hill, USA.

➤ **Tirante (y).**

Una regla empírica general usada en los Estados Unidos, establece el valor máximo de la profundidad de los canales de tierra según la siguiente relación:

$$Y = \frac{1}{2} \sqrt{A}$$

Y en la india:

$$Y = \sqrt{\frac{A}{3}}$$

donde:

y = tirante hidráulico (m)

A = área de la sección transversal (m²)

Otros establecen que:

$$Y = \frac{b}{3}$$

Donde:

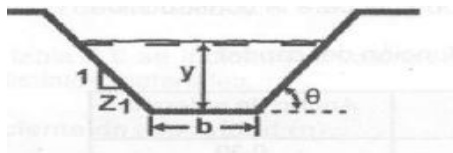
b = ancho de solera o base.

También puede usarse las relaciones:

a. Sección de máxima eficiencia hidráulica:

$$\frac{b}{y} = 2 \operatorname{tag} \frac{\theta}{2}$$

$$y = \frac{b}{2 \operatorname{tag} \frac{\theta}{2}}$$



b. Sección de mínima infiltración:

$$\frac{b}{y} = 4 \operatorname{tag} \frac{\theta}{2}$$

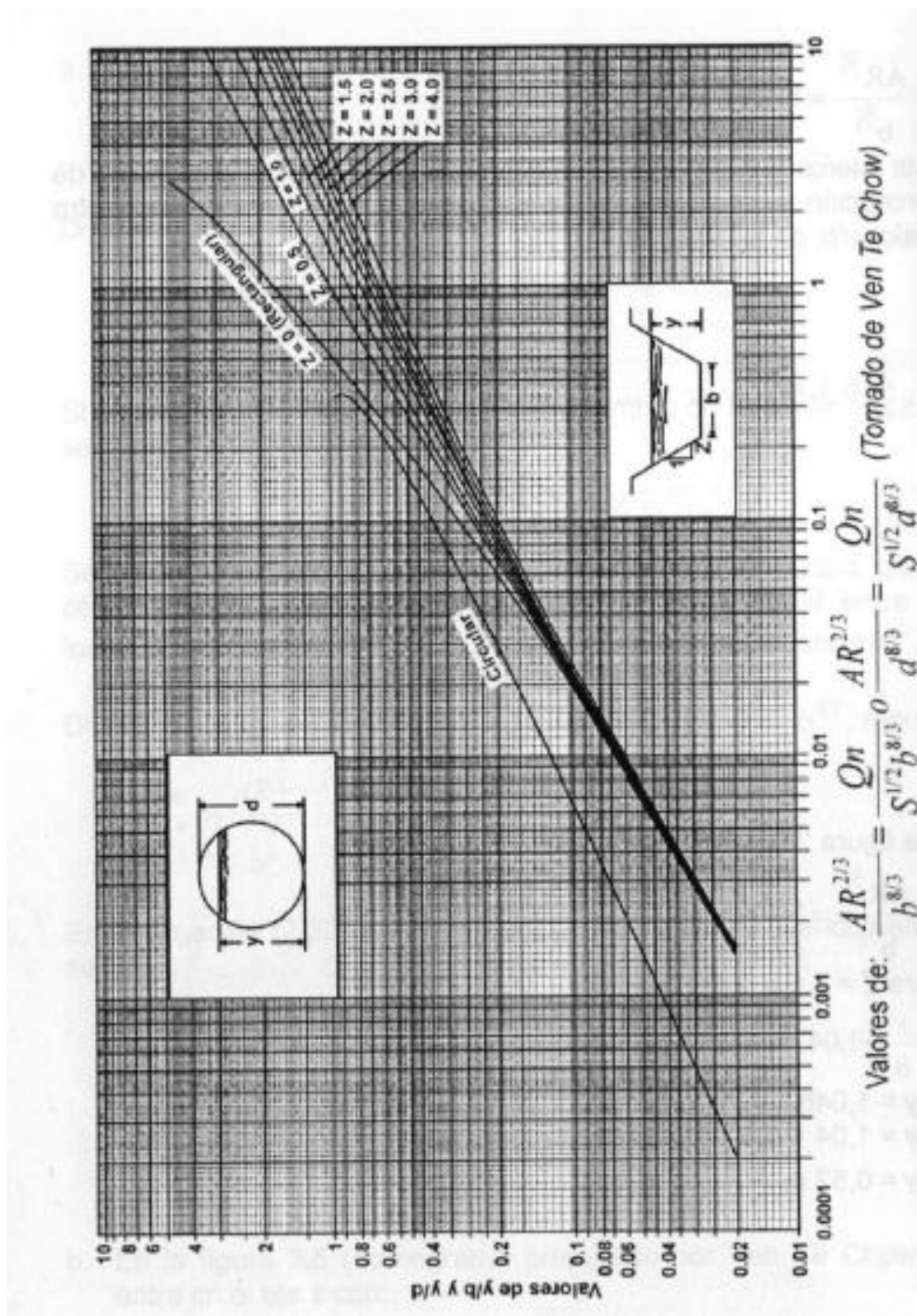
$$y = \frac{b}{4 \operatorname{tag} \frac{\theta}{2}}$$

c. Valor medio de las dos anteriores:

$$\frac{b}{y} = 3 \operatorname{tag} \frac{\theta}{2}$$

$$y = \frac{b}{3 \operatorname{tag} \frac{\theta}{2}}$$

Figura 9: Curvas para determinar el tirante normal, secciones rectangular, trapezoidal y circular



FUENTE: Open Channel Hydraulics, Ven Te Chow, Mc Graw Hill, USA.

➤ **Área hidráulica (A).**

Se obtiene usando la relación geométrica:

$$A = (b + Zy) y$$

Una vez calculado el ancho de solera, talud y tirante. También se obtiene utilizando la ecuación de continuidad:

$$A = \frac{Q}{V}$$

Conocidos el caudal y la velocidad.

➤ **Borde libre (B. L.)**

En la determinación de la sección transversal de los canales, resulta siempre necesario dejar cierto desnivel entre la superficie libre del agua para el tirante normal y la corona de los bordos como margen de seguridad, a fin de absorber los niveles extraordinarios que puedan presentarse por encima del caudal de diseño del canal:

$$B.L. = H - Y$$

Una práctica corriente para canales en tierra, es dejar un bordo libre o resguardo

Igual a un tercio del tirante, es decir:

$$B.L. = \frac{Y}{3}$$

Mientras que para canales revestidos puede ser la quinta parte del tirante, es decir:

$$B.L. = \frac{Y}{5}$$

Existen también otros criterios prácticos para designar el valor del bordo libre.

En relación con el caudal se tiene:

Caudal Q (m³/s)	Bordo libre (m)
Menores que 0,5	0,30
Mayores que 0,5	0,40

En relación con el ancho de solera se tiene:

Ancho de solera (m)	Bordo libre (m)
Hasta 0,80	0,40
de 0,80 a 1,50	0,50
de 1,50 a 3,00	0,60
de 3,00 a 20,00	1,00

➤ **Profundidad total (H)**

La profundidad total del canal, se encuentra una vez conocido el tirante de agua y el bordo libre, es decir:

$$H = y + B.L.$$

En forma práctica, para su construcción esta profundidad total se suele redondear, asumiendo su variación el valor del bordo libre.

➤ **Ancho de corona (C).**

El ancho de corona de los bordos en su parte superior, depende esencialmente del servicio que estos habrán de prestar. En canales grandes se hacen suficientemente anchos, 6.50m como mínimo, para permitir el tránsito de vehículos y equipos de conservación a fin de facilitar los trabajos de inspección y distribución de agua.

En canales más pequeños, el ancho superior de la corona puede diseñarse aproximadamente igual al tirante del canal. En función del caudal se puede considerar un ancho de corona de 0.60m para caudales menores de 0.50 m³ / s y 1,00 m para caudales mayores.

Nota importante:

Las consideraciones prácticas mencionadas anteriormente, deben tomarse solamente como valores referenciales para dar inicio al diseño de canales y no como valores finales de diseño estos se obtendrán solo después de realizar los chequeos correspondientes, usando la fórmula de Manning y la ecuación de continuidad (**M.Villón, Hidráulica de canales**)

II.4.5.NECESIDAD DE REVERTIR EL CANAL.

REFERENCIA:

.Ramos Taipe, C .L., Universidad Nacional Agraria La Molina. Diseño de Estructuras Hidráulicas I. Primera Edición julio 2014. Lima Perú.

La necesidad de revestir un canal depende de los beneficios obtenidos y la factibilidad económica:

- **Evita la pérdida del agua**, reduciendo las perdidas por filtración en el transporte de agua y por presencia de vegetación (60-80%).Estas pérdidas son porcentualmente mayores en canales pequeños. Este criterio tendrá mayor importancia en donde la demanda de agua es alta y la oferta es insuficiente.
- **Reducción de la sección**, debido a una menor perdida de energía por rozamiento y mayor la velocidad permisible. Esto permite, también disminuir la plataforma de tierra ocupada y disminuye las servidumbres de paso. Al aumentarse la velocidad los sedimentos se suspenden y son transportados por el agua y así se reduce el costo de mantenimiento.
- **Menores costos de mantenimiento y operación**, principalmente los costos debidos a la limpieza de malezas son muy altos en canales de tierra, y la limpieza de sedimentos se reduce grandemente.
- **Seguridad estructural**, lo que permite mayor estabilidad de los lados del canal el cual es un problema frecuente en suelos arenosos o limosos.
- Evita que el agua lave sales y los conduzca hacia los campos de riego.

II.4.5.1.Tipos de revestimiento.

- Rígidos: concreto, bloques de concreto, suelo cemento, concreto asfáltico, ladrillos, piedras y morteros.
- Flexibles: membranas, asfalto pulverizado, bentonita, tierra compacta.

II.4.5.2.Selección del tipo de revestimiento.

Debido a que se requiere grandes inversiones al revestir los canales se debe tener cuidado de seleccionar el tipo de revestimiento:

- Propiedad del suelo, por ejemplo en caso de suelos arcillosos expandibles o en rocas calcáreas cavernosas (que originan deterioros o quebraduras), es mejor usar revestimiento flexible.
- Topografía, principalmente ligada a la pendiente del canal los revestimientos flexibles no admiten velocidades altas.

- Nivel de agua subterránea, en caso de tener mayor nivel al fondo del canal, éste factor puede transmitir presión sobre el canal y originar fuerzas externas que lo debiliten.
- Operación y mantenimiento, los revestimientos duros son los más adecuados al cambio de nivel de agua durante el funcionamiento, ya que los flexibles son afectados por este cambio.
- Duración.
- Disponibilidad de material cercano al lugar de construcción.

II.4.5.3. Selección de una transición.

Cuando se tenga una estructura en el recorrido del canal y exista la necesidad de variar la transición del mismo hacia la sección de entrada de la estructura se emplea para ello una transición.

II.4.5.4. Estructuras de aforo.

Permite el control de volumen de agua que circula por los canales y son de tres tipos:

Aforador Parshall, Aforadores sin cuello y vertederos. La elección está en función del caudal, carga hidráulica disponible, tiempo de duración, operación, y mantenimiento y costo. Los vertederos son prácticos y económicos siempre que se disponga de suficiente altura. Los aforadores Parshall y sin cuello son aplicables a casi todas las condiciones del caudal, su ventaja principal es la pequeña pérdida de energía, actitud razonable para una gama de caudales, la insensibilidad a la velocidad de aproximación y al reducido efecto que producen los sedimentos.

II.5. TOPOGRAFIA.

Referencia:

.Mendoza Dueñas, J. Topografía Técnicas Modernas. Segunda Edición enero 2015. Lima Perú.

II.5.1. Poligonal abierta. (Estación total)

En este tipo de poligonal no existe un punto de llegada de coordenadas conocidas, ni un azimut final de referencia cuyo valor sea dato.

Generalmente para esta clase de poligonal se aplica el llamado método de coordenadas, los valores que nos muestra la pantalla digital corresponden a las coordenadas de cada punto de estación.

- **Estación del equipo en el punto de partida (A).**
Se ingresa la altura instrumental, las coordenadas de dicho punto, para luego efectuar las dos posiciones espalda y frente.

Posición Espalda. Se gira la alidada hasta ubicar el punto de referencia espalda(R),se ingresa como dato el acimut de la línea de referencia, finalmente se procede a capturar dicha dirección.

Posición Frente. Se gira la alidada hasta ubicar el segundo punto de control (frente: B) en cuya base debe estar instalado el prisma. Se ingresa al equipo la altura del prisma, finalmente se ordena medir:

- El acimut AB.

- La distancia geométrica AB.

La pantalla nos mostrará las coordenadas del punto B.

▪ **Estación del equipo en el segundo punto de control (B).**

Se ingresa la altura instrumental, para luego efectuar las dos posiciones ya conocidas: Espalda y frente.

Posición Espalda.

Se gira la alidada hasta ubicar el punto antecesor(A), se ingresa o ubica la pantalla, el nombre del punto A, finalmente se procede a capturar dicha dirección.

Posición frente.

Se gira la alidada hasta ubicar el siguiente punto de control (frente: C) en cuya base debe estar instalado el prisma. Se ingresa al equipo la altura del prisma, finalmente se ordena medir:

- El acimut BC
- La distancia geométrica BC.

La pantalla mostrara las coordenadas del punto C.

El proceso para las demás estaciones es similar al segundo punto de Control B.

▪ **TRABAJO DE GABINETE.**

Consiste en efectuar los cálculos respectivos con la ayuda de algún software topográfico.

Los pasos más importantes:

- Transferencia de información de la estación total a la estación total a la estación.
- Abriendo el archivo correspondiente: La PC nos mostrara las coordenadas de las estaciones realizadas.

II.5.2. TAQUIMETRIA-RELLENO TOPOGRAFICO-MÉTODO DE LA ESTACION TOTAL.

El proceso de campo es similar al método estadimétrico. La diferencia radica en que este método mide directamente la distancia geométrica y guarda la información lineal y angular en su colectora de datos.

El proceso de gabinete se inicia con la transferencia de datos del equipo a la PC.

Se ordena al computador (mediante algún software) realizar el cálculo respectivo, luego del cual nos muestra las coordenadas y representación gráfica de los puntos levantados.

En adelante el proceso es similar al estadimétrico.

II.5.3. PERFIL LONGITUDINAL.

El perfil longitudinal topográfico a lo largo de un eje longitudinal en planta, es una línea quebrada que proviene de la intersección de la superficie topográfica con el plano vertical que contiene al eje de dicha planta.

Se utiliza para representar el relieve o accidente del terreno a lo largo de un eje longitudinal.

El perfil longitudinal se determina mediante la nivelación de un conjunto de puntos de la superficie de la tierra situados a corta distancia entre si y a lo largo de un alineamiento previamente establecido.

II.5.4. SECCIONAMIENTO.

Consiste en levantar (taquimetría) puntos pertenecientes a rectas ficticias perpendicular al eje de vía en cada estaca o progresiva.

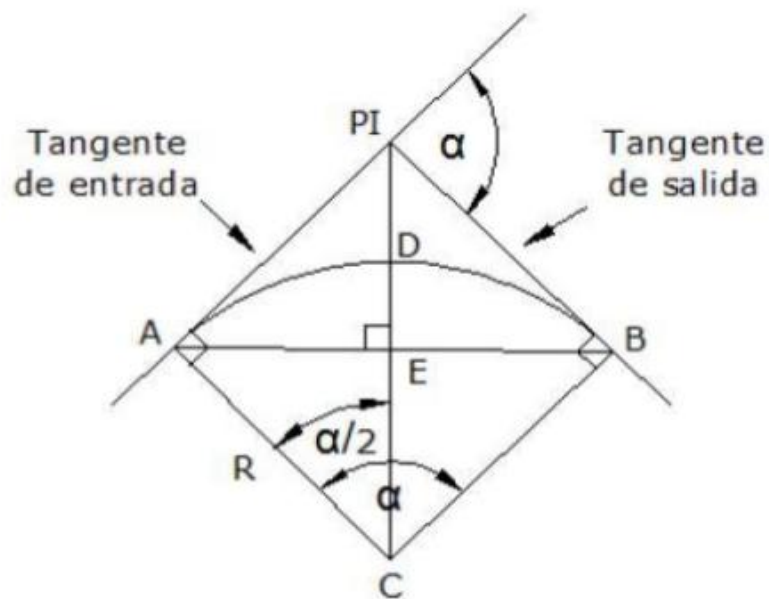
La distancia d a cada lado del eje depende del objetivo del proyecto.

La longitud x entre puntos no es constante y depende de la orografía del terreno.

El seccionamiento se puede realizar con el apoyo de una estación total (ubicados en los vértices de la poligonal).

II.5.5.ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL.

Figura 10: Elementos de curva horizontal



PC: principio de curva.

PT: principio de tangente o fin de curva.

PI: punto de intersección de las tangentes.

Δ : *ángulo de deflexion*.

R: radio de la curva horizontal.

LC: longitud de la curva.

T: subtangente.

E: externa.

C: cuerda larga

M: Distancia de la ordenada media.

▪ FORMULAS:

$$T = R \cdot \operatorname{Tg} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$
$$L_c = \frac{\pi \cdot \Delta}{180^\circ} \times R$$

II.5.6.COORDENADAS UTM.

Referencia:

. Martínez Marín, R., Marchámalo Sacristán, M., y Velilla Almaraz, L. Topografía Aplicada. Primera Edición 2011. Madrid España.

Las coordenadas UTM de un punto, además de los valores numéricos (x, y) deben ser acompañadas de las unidades (metros, kilómetros,...), del huso y la zona y del elipsoide al que se refieren (internacional, WGS84,...), que en algunas aplicaciones informáticas denominan Datum.

Cada uso tiene un sistema de coordenadas independiente, además es distinto según se trate del hemisferio norte y sur. El origen es la intersección del meridiano central con el ecuador .Al origen de la coordenada X, se le asigna un valor $X=500.00m$.

En cuanto al origen de la coordenada Y, se le asigna $y=0\text{ m}$ si es el hemisferio norte e $y=10.000.000m$, si es el hemisferio sur. De esta manera se evitan coordenadas negativas en ambos ejes.

CAPITULO III:

MARCO METODOLÓGICO

III. MARCO METODOLÓGICO.

III.1. VARIABLES.

- VARIABLE INDEPENDIENTE.**

“DISEÑO DE SISTEMA DE REGADIO”

- VARIABLES DEPENDIENTES.**

“INFILTRACIÓN”

“CONDUCCIÓN”

III.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE.

Cuadro 18: Operacionalización de la Variable

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	NIVEL DE MEDICIÓN
DISEÑO DE SISTEMA DE REGADIO.	VARIABLE INDEPENDIENTE	Proyecto hidráulico-estructural realizado con finalidad de irrigar una área determinada.	- CAUDAL(Q) - LONGITUD DEL CANAL(m) - PENDIENTE(S) - RUGOSIDAD(n) - TALUD(Z) - ANCHO DE SOLERA (b)	m^3/s - m - m/m (1) (1) - m	- CONTINUA - CONTINUA - CONTINUA - CONTINUA - CONTINUA - CONTINUA
INFILTRACIÓN	VARIABLE DEPENDIENTE	Se define como el paso del agua de la superficie hacia el interior del suelo.	CAUDAL(Q)	m^3/s	CONTINUA
CONDUCCIÓN.	VARIABLE DEPENDIENTE	Velocidad media del flujo del agua.	VELOCIDAD(V)	m/s	CONTINUA

- (1) adimensional.**

III.3.TIPO DE ESTUDIO.

ESTUDIO EXPLICATIVO.

III.4.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

EXPERIMENTAL.

III.5. MATERIALES E INSTRUMENTOS.

Los materiales empleados para la ejecución del proyecto se agrupan en las siguientes categorías:

- INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.
- INFORMACIÓN AGRÍCOLA
- INFORMACIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS Y LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
- EQUIPO TOPOGRÁFICO.
- INFORMACIÓN HIDRÁULICA.
- EQUIPOS Y SOFTWARE DE CÓMPUTO.

III.5.1.METEOROLOGÍA.

Para el cálculo de la Evapotranspiración (ETO) se utilizaron los datos de precipitación, temperatura, humedad, proporcionados por SENAMHI, también para dicho cálculo se utilizaron otros datos como factor de evapotranspiración potencial, radiación solar.

Se utilizaron también datos del Estudio de precipitación, Temperatura y Humedad Relativa publicados por el Gobierno Regional Lambayeque en el año 2013.

Los datos mencionados se muestran en los siguientes cuadros.

Cuadro 19: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).

ESTACIÓN:		Lambayeque		Lat.:	06° 43' 53,5"		Long.:	79° 54' 26"		Alt.:	38 msnm	
AÑO	MESES											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1999	22.78	25.37	24.80	22.72	20.74	19.48	18.70	18.87	19.11	19.46	20.15	21.87
2000	23.08	24.90	24.27	23.54	21.28	20.10	19.09	19.60	19.52	19.99	19.85	22.33
2001	23.84	25.40	25.65	23.57	20.46	19.03	19.26	18.62	18.34	19.10	20.36	21.66
2002	22.89	25.60	27.09	25.19	23.03	20.35	19.44	19.41	19.08	20.81	21.57	23.45
2003	24.79	25.49	24.42	22.37	20.57	19.70	19.12	18.75	18.94	19.67	20.62	22.81
2004	24.41	25.94	25.51	27.30	20.55	18.93	19.01	18.45	19.57	20.40	21.32	22.65
2005	24.61	24.97	24.49	23.36	20.93	19.81	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
2006	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	21.69	21.83
2007	24.85	24.78	24.12	22.14	19.40	17.83	18.05	17.51	17.38	17.60	19.25	20.24
2008	23.57	25.38	25.51	22.42	20.32	20.37	20.09	20.00	19.73	19.53	20.04	21.10
Prom.	23.87	25.31	25.09	23.62	20.81	19.51	19.09	18.90	18.96	19.57	20.54	21.99

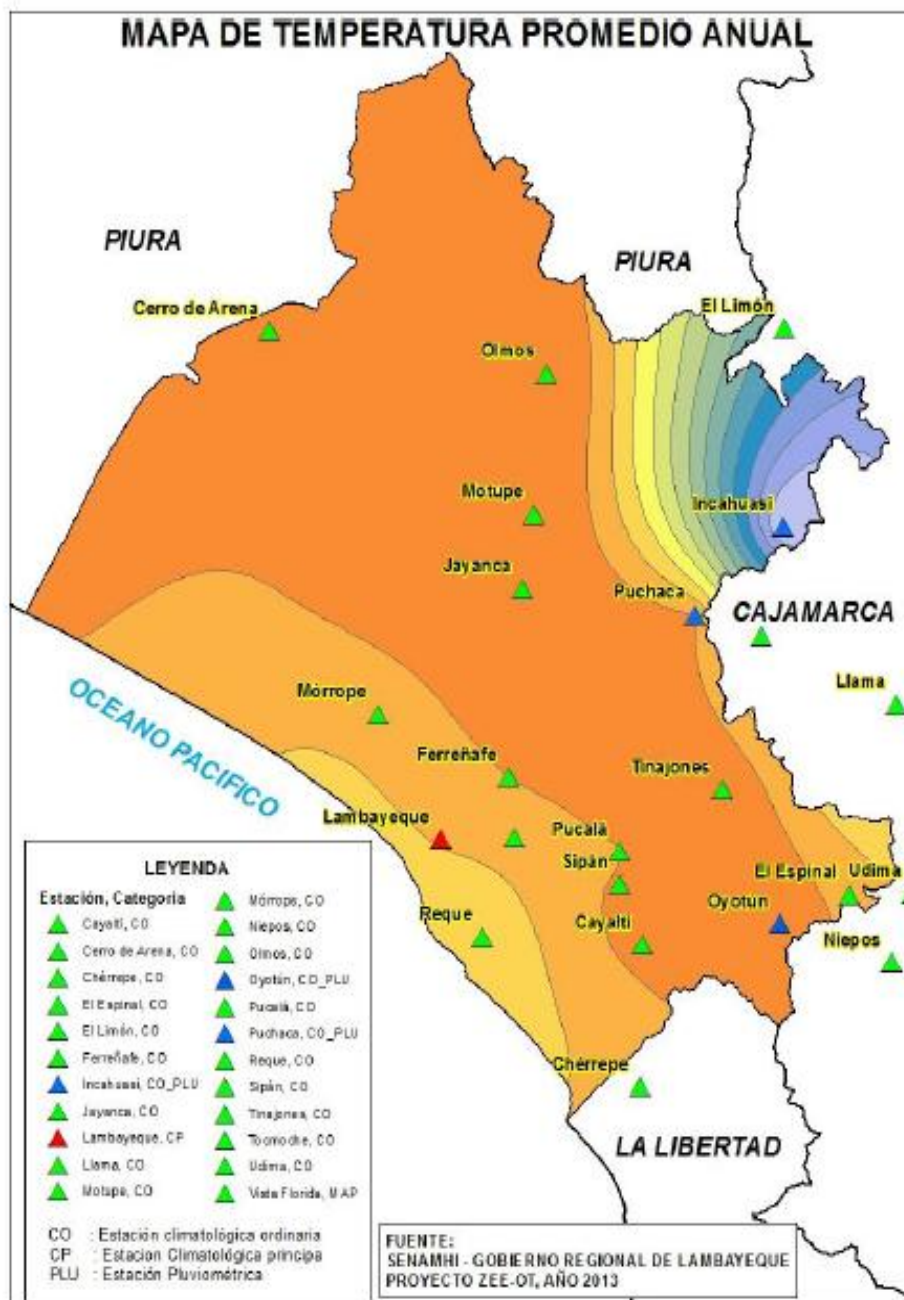
FUENTE: SENAMHI - Dirección Regional de Lambayeque.

S.I: Sin Información

Cuadro 20: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C).

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)												
ESTACION : JAYANCA (LA VIÑA)				Lat.: 6° 19' 58"		Long.: 79° 46' 6"		Alt.: 102.7 msnm				
AÑO	MESES											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2010	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	21.57	19.74	20.05	20.55	20.56	21.39	23.45
2011	24.96	26.08	25.11	25.23	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.	21.33	21.56	23.43	24.65
2012	25.79	26.55	27.18	26.50	24.73	23.34	S.I.	20.81	21.62	21.98	23.03	24.02
2013	25.97	27.26	26.77	24.16	22.74	21.03	S.I.	20.78	21.82	22.03	21.74	24.32
2014	25.84	26.43	26.89	24.94	24.30	23.65	21.42	21.27	22.03	22.90	22.94	24.45
2015	25.67	26.92	27.19	S.I.	S.I.	23.38	22.47	21.75	S.I.	S.I.	S.I.	S.I.
Prom.	25.65	26.65	26.63	25.21	23.92	22.59	21.21	20.94	21.47	21.81	22.51	24.18
S.I Sin Información												
Fuente: SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, PE). Datos Históricos (en línea). Consultado 20.02.2016. Disponible en http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi												

Figura 11: Temperatura promedio anual-Dpto. Lambayeque.



Rango de Temperatura Promedio anual

10.7 - 12
12 - 13
13 - 14

14 - 15
15 - 16
16 - 17
17 - 18
18 - 19

19 - 20
20 - 21
21 - 22
22 - 23
23 - 24.9

FUENTE: GRL (Gobierno Regional Lambayeque, PE) 2013. Estudio de precipitación, Temperatura y Humedad Relativa (en línea). Chiclayo. Consultado 20 02 2016. Disponible en www.regionlambayeque.gob.pe.

Cuadro 21: HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%).

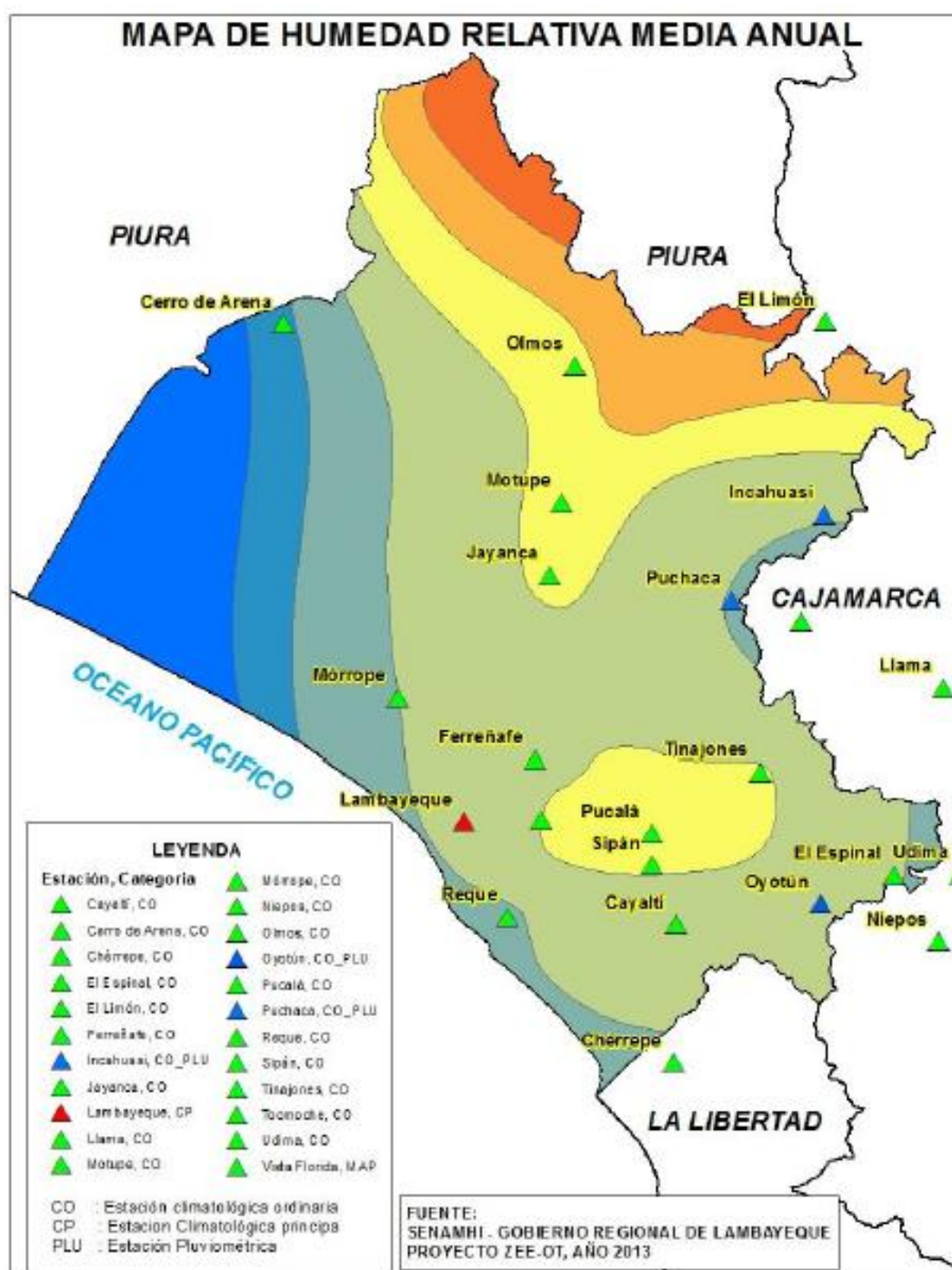
ESTACIÓN: Lambayeque Lat.: 06° 43' 53,5" Long.: 79° 54' 26" Alt.: 38 msnm

AÑO	MESES											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1980	74.07	74.28	73.22	73.44	71.87	72.12	76.49	79.73	79.69	77.50	73.55	73.42
1981	72.13	71.15	76.74	76.00	77.87	79.50	76.94	75.62	74.37	73.18	73.65	72.20
1982	71.12	71.20	70.65	72.40	72.83	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
1989	S.I	69.80	67.04	72.93	76.31	77.57	77.68	77.92	76.74	76.82	72.83	72.63
1990	71.79	69.33	70.70	69.49	76.18	S.I	76.50	76.75	74.34	76.50	77.50	73.24
1991	71.13	68.07	67.92	70.34	S.I	S.I	S.I	77.57	76.75	76.83	76.54	S.I
1992	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	76.50	76.37	72.47	68.87	73.25
1993	63.96	62.5	S.I	66.22	70.62	72.2	72.71	74.34	75.99	77.78	73.89	71.48
1994	72.07	70.7	70.61	69.8	70.4	71.5	76.95	76.13	75.92	73.23	71.93	72.25
1995	70.02	69.04	69.34	71.3	71.58	72.92	76.76	77.39	75.97	S.I	S.I	S.I
Prom.	70.78	69.56	70.78	71.32	73.46	74.30	76.29	76.88	76.23	75.54	73.59	72.64

FUENTE: SENAMHI - Dirección Regional de Lambayeque.

S.I: Sin Información

Figura 12: Humedad Relativa Media Anual.



Rango de Humedad Relativa

60 - 65	70 - 75	80 - 85
65 - 70	75 - 80	85 - 90
		90 - 92

FUENTE: GRL (Gobierno Regional Lambayeque, PE) 2013. Estudio de precipitación, Temperatura y Humedad Relativa (en línea). Chiclayo. Consultado 20 02 2016. Disponible en www.regionlambayeque.gob.pe

Cuadro 22: PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm).

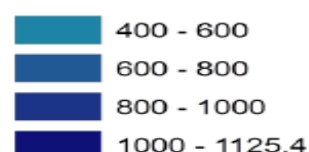
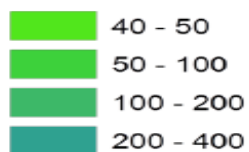
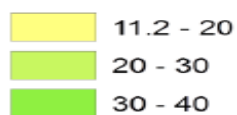
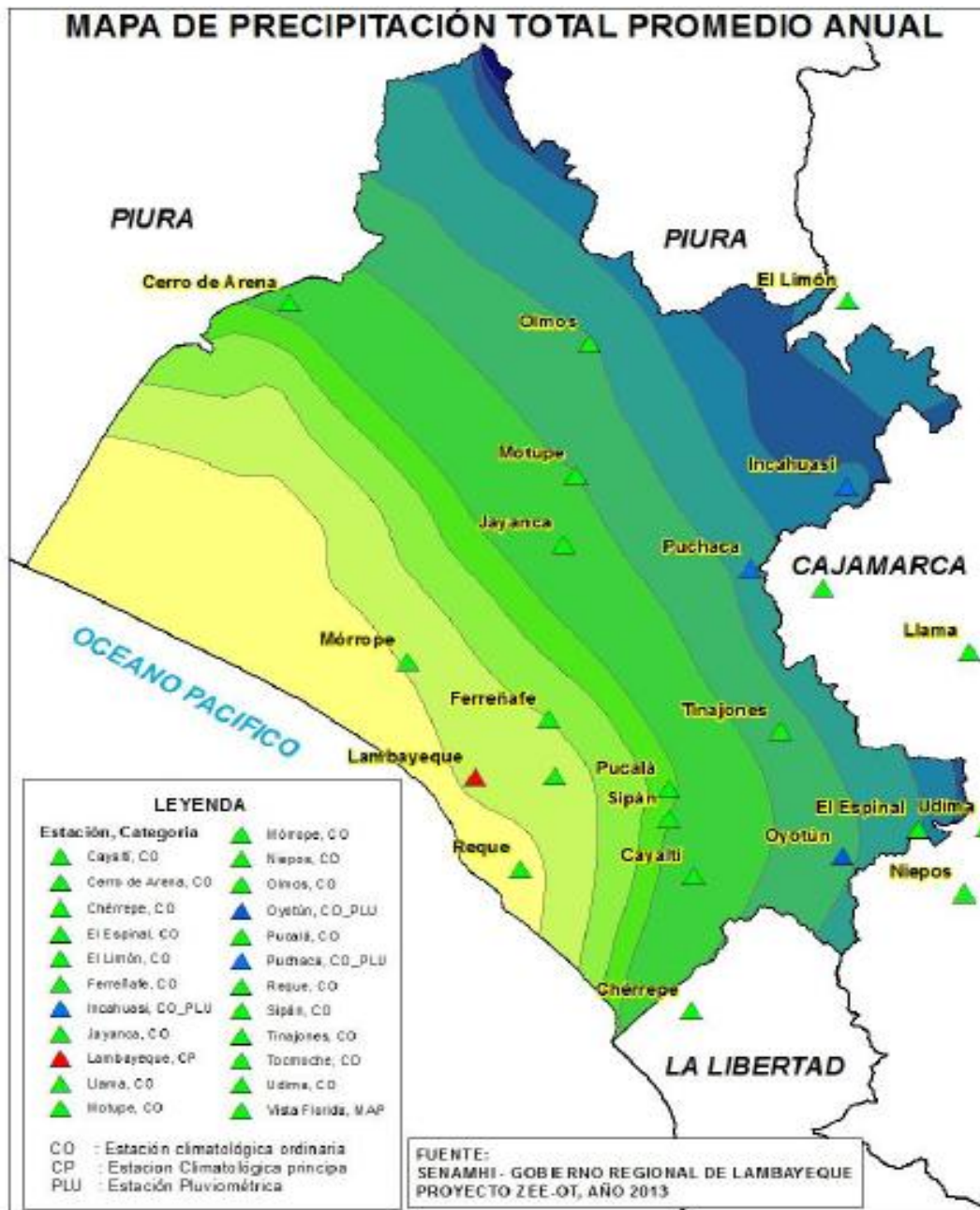
ESTACIÓN: Lambayeque Lat.: 06° 43' 53,5" Long.: 79° 54' 26" Alt.: 38 msnm

AÑO	MESES											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
1997	0.30	3.70	0.00	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.80	4.40	28.00
1999	2.30	31.90	1.20	10.90	1.60	1.50	0.40	0.00	1.60	2.90	0.00	2.10
2000	0.60	0.40	3.60	3.80	0.50	5.80	0.00	0.00	3.10	0.00	0.50	1.80
2001	0.10	1.60	58.10	11.20	0.20	2.10	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	2.80
2002	0.00	16.00	17.80	6.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	1.20	2.10	1.90
2003	1.50	4.80	0.10	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	14.70	0.00
2004	0.00	2.30	12.10	0.00	0.80	0.00	0.40	0.00	1.30	2.20	0.00	0.80
2005	0.30	3.30	1.90	0.00	0.00	0.00	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
2007	S.I	0.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	2.10	9.30	23.30	5.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prom.	0.80	7.33	12.06	3.85	0.31	1.16	0.11	0.00	0.68	0.87	2.41	4.16
Prec. Ef.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE: SENAMHI - Dirección Regional de Lambayeque.

S.I: Sin Información. Nota: Se excluye 1998 por ser un año anormal.

Figura 13: Precipitación Promedio Anual. (mm= 1 litro/m2).



FUENTE: GRL (Gobierno Regional Lambayeque, PE) 2013. Estudio de precipitación, Temperatura y Humedad Relativa (en línea). Chiclayo. Consultado 20 02 2016. Disponible en www.regionlambayeque.gob.pe.

Cuadro 23: FACTOR DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL MF (mm/mes)

Lat. Sur.	M E S E S											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
01	2.788	2.117	2.354	2.197	2.137	1.990	2.091	2.216	2.256	2.358	2.234	2.265
02	2.371	2.136	2.357	2.182	2.108	1.956	2.050	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301
03	2.353	2.154	2.360	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.290	2.337
04	2.385	2.172	2.362	2.151	2.050	1.888	1.993	2.150	2.240	2.398	2.318	2.372
05	2.416	2.189	2.363	2.134	2.020	1.854	1.960	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
06	2.447	2.205	2.363	2.117	1.980	1.820	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
07	2.478	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.433	2.397	2.476
08	2.508	2.237	2.362	2.081	1.927	1.750	1.858	2.054	2.210	2.443	2.423	2.510
09	2.538	2.251	2.360	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.491	2.462	2.473	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.976	2.180	2.470	2.497	2.610
12	2.625	2.292	2.350	2.002	1.799	1.608	1.719	1.950	2.169	2.477	2.520	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.484	2.543	2.675
14	2.680	2.317	2.340	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.490	2.566	2.706
15	2.707	2.328	2.334	2.937	1.700	1.500	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.738
16	2.734	2.339	2.317	1.914	1.666	1.464	1.576	1.838	2.117	2.500	2.610	2.769
17	2.760	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.540	1.809	2.163	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.359	2.311	1.867	2.598	1.391	1.504	1.780	2.088	2.508	2.651	2.830
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.564	1.354	1.467	1.750	2.072	2.310	2.671	2.859

FUENTE: "El Riego" de Absalón Vásquez Villanueva.

Cuadro 24: INSOLACIÓN O RESPLANDOR SOLAR VALORES DE P.

Lat. Sur Lat. Norte	Ene. Jul.	Feb. Ago.	Mar. Set.	Abr. Oct.	May. Nov.	Jun. Dic.	Jul. Ene.	Ago. Feb.	Set. Mar.	Oct. Abr.	Nov. May.	Dic. Jun.
00°	8.49	7.67	8.47	8.22	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49	8.22	8.49
02°	8.55	7.71	8.49	8.19	8.44	8.17	8.43	8.44	8.59	8.52	8.29	8.55
04°	8.64	7.76	8.50	8.17	8.39	8.08	8.20	8.41	8.19	8.56	8.33	8.65
06°	8.71	7.81	8.50	8.12	8.30	8.00	8.19	8.37	8.18	8.59	8.38	8.74
08°	8.79	7.84	8.51	8.11	8.24	7.91	8.13	8.32	8.18	8.62	8.47	8.84
10°	8.85	7.86	8.52	8.09	8.18	7.84	8.11	8.28	8.18	8.65	8.52	8.96
12°	8.91	7.91	8.53	8.06	8.15	7.79	8.08	8.26	8.17	8.67	8.58	8.95
14°	8.97	7.97	8.54	8.03	8.07	7.70	7.08	8.19	8.16	8.69	8.65	9.01
16°	9.09	8.02	8.56	7.98	7.96	7.57	7.94	8.14	8.14	8.76	8.72	9.17
18°	9.18	8.06	8.57	7.93	7.89	7.05	7.88	8.90	8.14	8.80	8.80	9.24
20°	9.25	8.09	8.58	7.92	7.83	7.41	7.73	8.05	8.13	8.83	8.85	9.32
22°	9.36	8.12	8.58	7.89	7.74	7.30	7.75	8.03	8.13	8.86	8.90	9.38
24°	9.44	8.17	8.59	7.87	7.60	7.24	7.58	7.99	8.12	8.89	8.96	9.47
26°	9.52	8.28	8.60	7.81	7.56	7.07	7.49	7.87	8.11	8.94	9.10	9.61
28°	9.61	8.31	8.61	7.79	7.49	6.69	7.40	7.85	8.10	8.97	9.19	9.73
30°	9.67	8.33	8.63	7.75	7.43	6.94	7.30	7.80	8.09	9.00	9.24	9.80

FUENTE: Manual of Meteorology. Napier Shaw. Volumen II - 2da. Edición.

III.5.2.AGROLOGÍA.

III.5.2.1. CÉDULA DE CULTIVO EN EL SECTOR LAYNES.

El área de influencia, que el canal irrigara es de 663.54 Has de las cuales 178.07 has tienen licencia conducción y 165.58 has. con permiso para conducir agua de riego y nos son atendidas 319.99 has.

En el sector de riego Laynes el cultivo de mayor producción son las menestras con 239.93 has Cultivables, en menor escala se encuentra el maíz amarillo duro con 62.32 has.

Se ha considerado datos de campaña agrícola.

Cuadro 25: Cédula de cultivo sin proyecto.

CUADRO N° : CEDULA DE CULTIVO SIN PROYECTO													
Cultivo de Referencia	Área (Has)	Áreas Mensuales (Has)											
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Maiz amarillo duro	62.32		62.32	62.32	62.32	62.32	62.32						
Menestras	239.93			239.93	239.93	239.93	239.93	239.93					
Área Cultivada (Has)	302.25		62.32	302.25	302.25	302.25	302.25	239.93					

En situación con proyecto se pretende irrigar la totalidad del área actualmente sembrada y ampliarla en forma prudente 15% con cultivos de Menestras.

III.5.3.MECÁNICA DE SUELOS Y LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

❖ **CAPACIDAD PORTANTE.**

Cuadro 26: Capacidad Portante de Suelos.

UBICACIÓN	CAPACIDAD PORTANTE.	OBSERV. Y/O REFERENCIAS.
(1) SECTORES FERREÑAFE. - SAUCE – PITIPO - ENCIE - SERQUEN. -	0.92 1.02 0.80	-ESTUDIO LEGESA PARA DEPTI - TINAJONES - 1976.
- SECTOR TAYMI.	0.85	-LABORAT. GIT - TAYMI -1973.
(2) SECTOR LAMBAYEQUE	0.80	-ESTUDIO LAGESA - DEPTI - 1977.
(3) SECTOR MONSEFU.	1.01	- ESTUDIO LAGESA - DEPTI - 1977.
(4) SECTOR <i>REQUE</i> .	0.90	- <i>ESTUDIO</i> LAGESA - DEPTI - 1977.
(5) SECTOR MOCHUMI.	0.82	

❖ LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

Los ensayos de las muestras procedentes de las calicatas, se llevaron a cabo en el Laboratorio de mecánica de suelos A&C EXPLORACIÓN GEOTECNIA Y MECÁNICA DE SUELOS S.R.L. (ver registro de propiedad industrial anexo I)

III.5.4.EQUIPO TOPOGRÁFICO.

- ESTACIÓN TOTAL.
- GPS NAVEGADOR GARMIN ETREX 20X
- PRISMA DE POLIGONACIÓN.
- WINCHA.
- JALÓN.

III.5.5.HIDRÁULICA.

III.5.5.1 GENERALIDADES.

El Canal Laynes inicia en la toma de captación ubicada en el km 15+848 del canal principal Jayanca, alejada de los terrenos de cultivo y con menor cota de captación.

El Tramo crítico comprendido entre el km 0+000 a km 3+900 m en el canal Laynes y 0+000-0+860 en el canal Santa Lucia con caja sobredimensionada que ocasiona grandes pérdidas por infiltración, cauces sinuosos lleno de vegetación, rasante por debajo de los terrenos de cultivo; obras de arte como tomas directas y/o laterales, pases peatonales rústicos, muchas de éstas estructuras en estado deteriorado, construidas a base de ladrillo y sobredimensionadas.

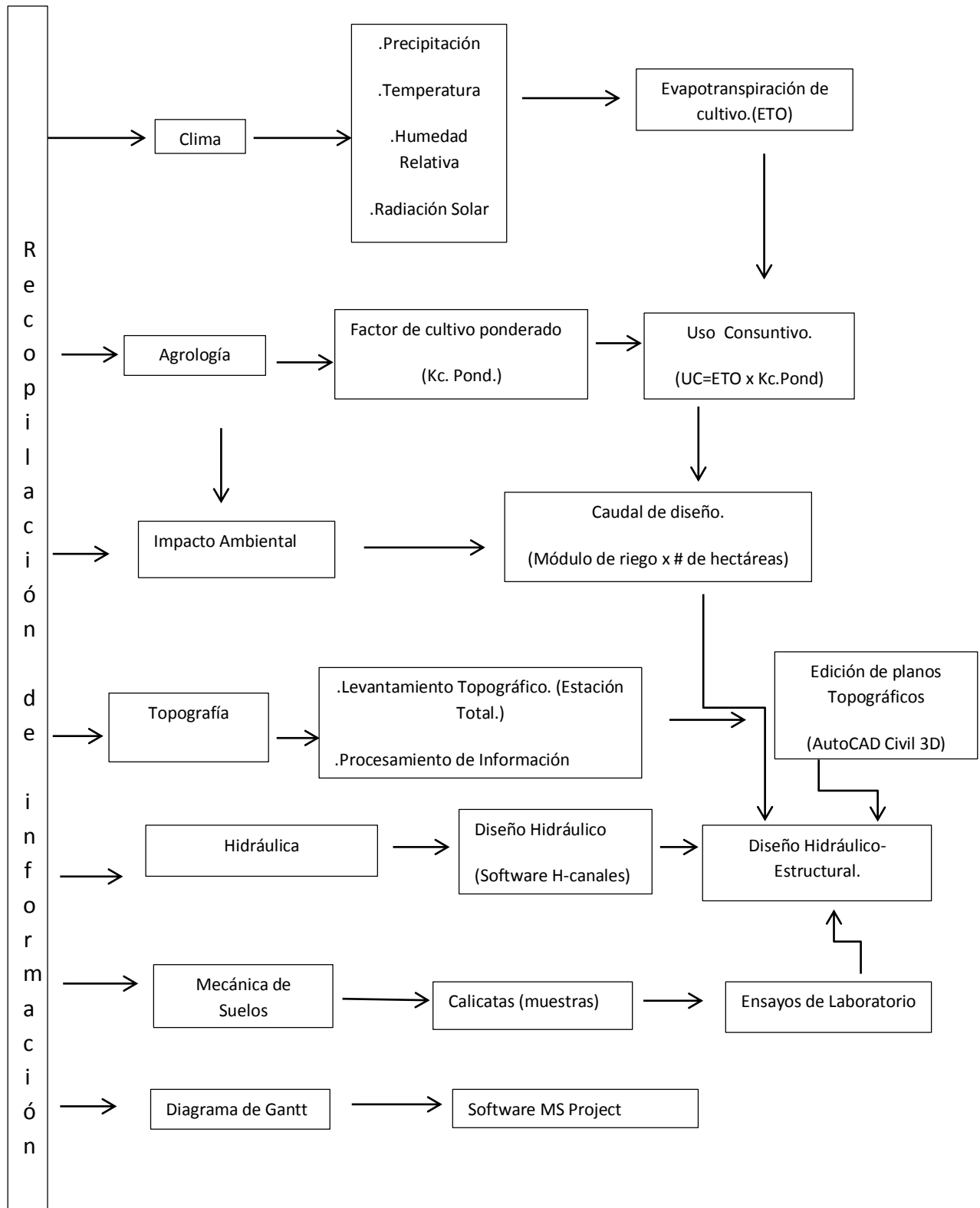
III.5.6. EQUIPOS Y SOFTWARE DE CÓMPUTO.

- Laptop HP Core I3
- Calculadora Casio fx-350
- Software de computo .MICROSOFT OFFICE.
- Software de computo AUTOCAD CIVIL 3D.
- Software de computo H-CANALES.
- Software de computo MS PROJECT.

III.6.METODOLOGÍA.

En la figura N° 14 se muestra el procedimiento que se siguió para realizar el presente trabajo de tesis.

Figura 14: Diagrama de flujo metodológico.



III.6. 1.CÁLCULO DE LA DEMANDA HÍDRICA.

Para el caso del presente proyecto se determinó la demanda de aguas sobre la base de los coeficientes Evapotranspiración Potencial (Eto), Coeficiente de cultivos (Kc), Precipitación efectiva (P. Efec), Eficiencia de riego (Ef. Riego) y el Módulo de riego.

El proceso se inicia elaborando el cronograma de la cédula de cultivo para el caso de situación optimizada, es decir suponiendo que se irrigará 15% más del área actualmente atendida en las condiciones actuales de la infraestructura. Sobre este esquema se inserta el coeficiente de cada cultivo (Kc) mensualizado con la finalidad de encontrar su ponderado (Kc Pond). La eficiencia de riego es de 31.57 %.

A. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS CULTIVOS (Eto).

Que se mide en mm/mes. Esta dada por el consumo de agua durante un determinado período de tiempo. Para nuestro caso se ha tomado como referencia los datos meteorológicos obtenidos de la Estación “Lambayeque” y se ha empleado el Método de Hangreway y el método de Blaney-Cridle modificado por Phelan en función a la Humedad relativa, Temperatura, Precipitación, Horas de Sol.

A.1. CÁLCULO EVAPOTRANSPIRACIÓN DE LOS CULTIVOS (Eto).

❖ MÉTODO DE HARGREAVES.

Cuadro 27: CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/día).

ESTACIÓN:	Lambayeque Lat.: 06° 43' 53,5" Long.: 79° 54' 26" Alt.: 38 msnm											
Parámetros	VALORES MENSUALES											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
TMC	23.87	25.31	25.09	23.62	20.81	19.51	19.09	18.90	18.96	19.57	20.54	21.99
TMF	74.96	77.56	77.17	74.52	69.45	67.11	66.37	66.02	66.12	67.22	68.97	71.59
HR	70.78	69.56	70.78	71.32	73.46	74.30	76.29	76.88	76.23	75.54	73.59	72.64
CH	0.90	0.92	0.90	0.89	0.86	0.84	0.81	0.80	0.81	0.82	0.85	0.87
CE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
MF ^{1/}	2.463	2.213	2.363	2.108	1.970	1.803	1.935	2.091	2.222	2.428	2.384	2.459
Eto	165.75	157.32	163.76	139.74	117.07	101.88	103.86	110.25	118.99	134.08	140.36	152.97

^{1/} Promedio de los valores de 6° y 7° de Latitud Sur de la Tabla "FACTOR DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL"

Fórmulas Empleadas : $E_{To} = MF \times TMF \times CH \times CE$; $TMC = (9/5)TMC + 32$; $CE = 1.0 + 0.04(E/2000)$

$CH = 0.166 \times (100 - HR)^{1/2}$, para $HR > 64\%$; para $HR < 64\%$, $CH = 1$.

Donde:

E_{To} = Evapotranspiración potencial (mm/día)

TMF = Temperatura media mensual (°F)

TMC = Temperatura media mensual (°C)

HR = Humedad relativa media mensual (%)

MF = Factor mensual de latitud

CE = Factor de corrección para la altura del lugar

CH = factor de corrección para la humedad relativa

E = Altitud o elevación del lugar (msnm)

C. PRECIPITACIÓN EFECTIVA (P. EFEC.)

Es la cantidad de agua aprovechada por la planta del total de precipitación, para cubrir sus necesidades.

La precipitación efectiva, será considerada como la misma precipitación media mensual, de acuerdo a lo considerado en el Manual para la Operación de Riego - Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas La precipitación efectiva, será considerada como la misma precipitación media mensual, de acuerdo Pág. 49, donde se manifiesta que es conveniente corregir la precipitación a partir del valor de 20.00 mm los datos de Precipitación Media mensual, no han sido corregidos por algún método específico para obtener la precipitación efectiva requerida.

Cuadro 31: CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm).

MÉTODO DE WATER POWER RESOURCES SERVICE (WPRS-USA)

Estación	MESES											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Lamb.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE: Elaboración propia.

D. EFICIENCIA DE RIEGO (EF. RIEGO).

Indica la capacidad de aprovechamiento del agua, depende de los niveles del sistema de riego, así: por conducción, distribución y aplicación.

D.1. EFICIENCIA POR CONDUCCIÓN.

El Canal Laynes es un canal en Tierra y para determinar la eficiencia de conducción del canal Laynes se realizaron aforos en tres tramos obteniéndose una pérdida por conducción 80.35%.

D.2. EFICIENCIA POR DISTRIBUCIÓN.

Para determinar la eficiencia de distribución se ha considerado la eficiencia de distribución obtenida en el balance de servicio de riego de la comisión de regantes de Jayanca por tanto de acuerdo a lo observado en cuadro 32 es del 71.43%.

Cuadro 32: Balance servicio de riego de la comisión de regantes Jayanca.

CUADRO N° 3.43 BALANCE SERVICIO DE RIEGO DE LAS COMISION DE REGANTE JAYANCA													
MESES: DE AGOSTO 2011 A JULIO 2012										Año Agrícola 2011-2012			
Sub Sectores de Riego	Masas de Agua M3												
	Volumen Programado según PCR	Volumen entregado Boca toma (1)	Volumen Distribuido (2)	Volumen Facturado (3)	Perdidas x Conduccion (1-2) %		Perdidas x Distribucion (2-3) %		Perdidas Totales (1-3) %		Eficiencias (%)		
					M3	%	M3	%	M3	%	Eficiencias (%)	Distrib. (3/2)=5	Operativa 4/3
Jayanca		9,750,995.00	8,669,606.00	6,192,576.00	1,081,389.0	11.09	2,477,030	28.57	3,558,419	36.49	88.91	71.43	63.51
Total		9,750,995.00	8,669,606.00	6,192,576.00	1,081,389.0	11.09	2,477,030	28.57	3,558,419	36.49	88.91	71.43	63.51

FUENTE: Junta de usuarios Motupe Olmos La leche.

D.3. EFICIENCIA DE APLICACIÓN.

Para la eficiencia de aplicación se ha tenido en cuenta que en el Sub sector de Riego Jayanca predominan los suelos moderadamente gruesos (53 %) y medios (37 %), considerando que predominan los cultivos en surcos con buena nivelación y suelos medios profundos se ha seleccionado del Cuadro 33 el promedio de los siguientes valores: 45 % y 65 %, es decir 55%.

Cuadro 33: EFICIENCIAS DE APLICACIÓN PARA SISTEMAS DE RIEGO POR SUPERFICIE.

(Manual AMES, Keller y Mc Culloch - 1962)			
TEXTURA DEL SUELO Y TOPOGRAFIA	EFICIENCIAS DEL SISTEMA DE RIEGO (%)		
	MELGAS	SURCOS	MELGAS EN CONTORNO
1. ARENOSOS			
a. Bien Nivelado	60	40 – 50	45
b. Nivelación Insuficiente	40 – 50	35	30
c. Quebrado ó Pendiente	--	20 - 30	20
2. MEDIO PROFUNDO			
a. Bien Nivelado	70 – 75	65	55
b. Nivelación Insuficiente	50 – 60	55	45
c. Quebrado ó Pendiente	--	35	35
3. MEDIO POCO PROFUNDO			
a. Bien Nivelado	60	50	45
b. Nivelación Insuficiente	40 – 50	35	35
c. Quebrado ó Pendiente	--	30	30
4. PESADO			
a. Bien Nivelado	60	65	50
b. Nivelación Insuficiente	40 – 50	55	45
c. Quebrado ó Pendiente	--	35 - 45	30

FUENTE: Manual Para la Operación de Riego COVENIO DGAS – IICA [8]

III.6. 2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

III.6.2.1.INTRODUCCIÓN.

El Presente proyecto se ha focalizado en los aspectos de la seguridad estructural de los sistemas constructivos, que tiene por objeto describir los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, llevados a cabo en el canal LAYNES Km. 0+000 al Km. 4+700 del Sector Laynes, Provincia y Región de Lambayeque, con la finalidad de determinar las características físico-mecánicas del suelo dentro de la profundidad activa y a Partir de ellas, los parámetros necesarios para la construcción del Canal, que tiene proyectado revestir desde el Km. 0+000 al km. 4+700, con base a estos trabajos, se examinan las diferentes condiciones de los estratos que conforman el sitio de interés y se procedan a efectuar los análisis de las diferentes condiciones especiales del subsuelo y sus características geotécnicas con el fin de dar las recomendaciones pertinentes que permitan entre otros aspectos establecer el tipo de profundidad de cimentación de las obras de arte que se realizaran dentro del Canal.

III.6.2.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

Los trabajos de campo han sido dirigidos a la obtención de la información necesaria para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante un programa de exploración directa, habiéndose ejecutado muestreos de los suelos que conforman el talud del canal, fondo del canal y obras de arte entre las progresivas que se adjunta en anexo.

III.6.2.3. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO EN EL TERRENO.

Se realizó un proceso de exploración de calicatas de 1m x 1m con una profundidad de 1.50m medida desde la rasante del canal se pudo apreciar en la totalidad del Canal existe un suelo conformado Predominantemente por arena limosa y arena limo arcilloso de baja plasticidad.

En esta fase se han tomado muestras disturbadas en cada calicata, con la finalidad de determinar las características del suelo, de acuerdo a las técnicas de muestreo (ASTM D 420).

a. MUESTRAS ALTERADAS.

Son las muestras que se toman de una calicata a cielo abierto de acuerdo al perfil estratigráfico.

b. MUESTRAS INALTERADAS.

También vienen hacer las muestras que se toman en el fondo de la calicata para realizar el ensayo de corte directo y de esta manera Considerar la capacidad portante del suelo.

c. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Los ensayos de laboratorio se han realizado con la finalidad de obtener los parámetros necesarios que determinen las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Para el efecto se han ejecutado los siguientes ensayos, bajo las Normas de la American Society For Testing and Materials (A.S.T.M.):

Cuadro 34: ENSAYOS DE LABORATORIO.

ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYO	NORMA APLICABLE
A. GRANULOMETRICO	ASTM D 422
CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM D 2216
CLASIFICACION (SUCS)	ASTM D 2487
DESCRIPCION VISUAL – MANUAL	ASTM D 2488
LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO	ASTM D 4318

CONTENIDO DE SULFATOS, CLORUROS Y SALES	BS 1377
PERMIABILIDAD	ASTM D 2434
CORTE DIRECTO	NTP 339. 171 (ASTM D3080).

III.6.2.4.PERFIL ESTADÍSTICO.

❖ CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

La clasificación de suelos se realiza en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), mediante el cual se ha podido determinar que en la zona de estudio, hasta la profundidad de exploración, se tiene la presencia de un estrato bien definido.

Con la información recabada en el campo se confeccionaron los registros de exploración donde se describen los diferentes suelos encontrados. (Ver anexo de Estudio de mecánica de suelos).

III.6.2.5. PERMEABILIDAD DEL SUELO.

La permeabilidad es la facilidad con la que un fluido se mueve a través de un medio poroso. En términos geotécnicos, el fluido es el agua y el medio poroso la masa del suelo. Esta presencia de agua en la masa de suelo, es uno de los factores de mayor importancia que incide en las propiedades ingenieriles del suelo.

Los coeficientes de permeabilidad son muy diversos, dependiendo del tipo de roca o suelo, de los poros, vacíos, discontinuidades o fisuras.

Se considera que los suelos y rocas en general tienen una permeabilidad media o cierto grado de permeabilidad, considerándose a este flujo del agua a través de los poros, vacíos, discontinuidades o fisuras como laminar, es decir un flujo no turbulento.

Se realizó el ensayo de permeabilidad en el laboratorio, con carga variable en muestra tomada en calicata (C1500) progresiva 1+500 a 1.50 m. de profundidad. (Ver anexo de Estudio de mecánica de suelos).

III.6.2.6. CLASIFICACIÓN DE CANTERA PARA CONCRETO Y RELLENOS DEL CANAL

❖ CANTERA PARA CONCRETO - RIO MOTUPE.

Usos : Para fabricación de concreto (piedra y arena)

Ubicación : Carretera a Motupe.

❖ **CANTERA PARA AFIRMADO – CERRO ESCUTE.**

Usos : Afirmado – Cama de la losa del canal.

Ubicación : Carretera Mochumi – Túcume Pacora.

❖ **CANTERA PARA RELLENO DEL CANAL – CERRO ESCUTE –RIO LA LECHE.**

Usos : Para Rellenos del Canal

Ubicación : Cerro Escute – Rio la Leche.

III.6.2.7. ANÁLISIS DE CAPACIDAD PORTANTE Y PRESIÓN ADMISIBLE DEL SUELO.

La capacidad portante y la presión admisible, fueron determinadas de acuerdo a las fórmulas del Dr. Karl Von Terzaghi y modificadas por Vesic, para el caso de cimentación superficial, para zapatas corridas.

❖ **CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO.**

La capacidad de carga del suelo, también llamada capacidad portante es la carga que puede soportar un suelo sin que su estabilidad sea amenazada.

Se realizaron ensayos de corte directo, empleándose para tal efecto especímenes remodelados con la densidad natural obtenida mediante el ensayo de peso volumétrico en un trozo de material perteneciente a la matriz fina.

Para el diseño de cálculo de la capacidad portante del terreno, para cimentación continua. Se utilizó la fórmula de Terzaghi para zapatas continuas falla local.

$$Q_c = (2/3)C \cdot N'_c + Y \cdot D_f \cdot N'_q + 0.5 Y \cdot B \cdot N'_y$$

Donde:

Qc=capacidad de carga del suelo en tm/m²

C=cohesión del suelo en tm/m²

Df=profundidad de desplante de la cimentación en metros.

Y=peso volumétrico húmedo del suelo tm/m³

B=ancho de la zapata en metros.

$$N'_c, N'_q, N'_y$$

= *coeficiente de capacidad de carga que depende del angulo de friccion interna.*

$$Y = Y_d(1 + W_s)$$

Donde:

γ_d =peso volumétrico seco del suelo promedio

WS=humedad saturada promedio.

Los valores de ϕ , C, Ws. Se obtienen al realizar el ensayo de corte directo.

$\phi=18^\circ$ C=0.26kg/cm². (Ver anexo de Estudio de mecánica de suelos).

❖ PRESIÓN ADMISIBLE EN EL SUELO (Pa).

Es la presión máxima que se puede permitir sobre un suelo de cimentación, considerando todos los factores necesarios, sobre la seguridad contra la rotura del suelo o movimiento de la cimentación, de tal magnitud que la estructura se diseñe perfectamente.

$P_a = q_c / f_s$

P_a = Presión admisible (Kg / cm²).

q_c = Capacidad de carga (Kg/cm²).

f_s = Factor de seguridad.

❖ . CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS.

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados asentamientos totales y asentamientos diferenciales, de los cuales los asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la seguridad de la estructura si sobrepasa una pulgada (1”), que es el asentamiento máximo permisible para estructuras del tipo convencional.

El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad.

Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos.

$$S = \frac{\Delta q_s \cdot B(1 - U_2) \cdot I_f}{E_s}$$

Donde:

S = asentamiento (cm)

q_s = esfuerzo neto transmisible (Kg/cm²)

B = ancho de cimentación (cm)

E_s = módulo de elasticidad.

U = relación de poisson.

If = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación.

Las propiedades elásticas de la cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde irá desplantada la cimentación.

III.6.2.8.DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.

El diseño de la mezcla de concreto a utilizarse para el revestimiento y obras de arte del canal tendrá las siguientes características:

- Resistencia : $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ revestimiento
 $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ obras de arte.
- Cantera : Rio Motupe

Una mezcla de concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ en volumen equivale a mezclar una bolsa de cemento, 2 carretillas de arena, 3 carretillas de piedra; una carretilla equivale a 1 pie cúbico. La proporción de agua no debe ser mayor que la mitad del peso total del cemento.

❖ CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS.

a. AGREGADO GRUESO.

Será considerado agregado grueso a las partículas entre los tamaños $1 \frac{1}{2}'' - 3/8''$, cuya graduación deberá cumplir los requisitos recomendados en las Normas AASHTO – M 80.

Los rangos granulométricos deben cumplir la tabla : M – 43

- | | | |
|--|---|------------|
| - Material pasante la malla Nº 200 | : | 1.0% Máx. |
| - Terrones de Arcilla | : | 0.25% Máx. |
| - Abrasión (Máquina de Los Ángeles) | : | 40% Máx. |
| - Pérdida en Ensayo de Durabilidad (SONa4) | : | 12% Máx. |

b. AGREGADO FINO.

Será considerado agregado fino a las partículas menores de $3/8'' - 0.074 \text{ mm.}$ de tamaño y consistirá de arena natural del río, libre de impurezas orgánicas y otras sustancias nocivas.

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- | | | |
|------------------------|---|-----------------|
| - Rango granulométrico | : | AASHTO - M – 43 |
|------------------------|---|-----------------|

- Material pasante la malla Nº 200 : 4.0% Máx.
- Pérdida en Ensayo de Durabilidad (SONa4) : 10% Máx.

c. CEMENTO.

El cemento deberá ser del tipo PORTLAND originario de fábrica y deberá ser equivalente a la de las especificaciones ASTM – C 150 y AASHTO – M 85, preferentemente cementos tipo MS.

❖ CONTROL DE CALIDAD.

En la proporción del cemento, estos deberán dosificarse en agregados separados, agregado grueso y agregado fino, de acuerdo a la dosificación presentada en presente estudio.

Se efectuarán pruebas de asentamiento con el cono de SLUMP antes del vaciado del concreto, cuyo valor deberá estar entre 2" y 4" de asentamiento.

Se tomarán testigos del concreto fresco para ser curados en agua y se someterán a la prueba a los 7, 14 y 28 días.

❖ SALES AGRESIVAS AL CONCRETO.

La presencia de sales solubles, cloruros y sulfatos, cuando se encuentran en concentraciones en los suelos, en los que van a descansar las estructuras de concreto, estos se ven atacados por estos agentes que penetran por la porosidad del concreto, haciéndolo susceptible de colapsar por inmersión al disolverse las ligas químicas por la vía húmeda con que ha penetrado haciendo frágil y expansiva, envejeciéndolo prematuramente.

Se realizó un estudio de análisis químico de muestra tomada de calicata C1 progresiva km 00+000. para su análisis de descarte de porcentaje de sales de acuerdo a las Normas NTP 339 088.y comparadas con los valores especificados en el cuadro del ACI-318.

III.6.3. TOPOGRAFÍA.

III.6.3.1.LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

❖ RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

Se recorrió el canal existente con la finalidad de alinear el nuevo trazo .Se determinó el punto inicial y final georreferenciados del eje probable del trazo del canal.

❖ TRAZO PRELIMINAR.

Se procedió al levantamiento topográfico clavando las estacas en el terreno de la poligonal preliminar y luego el levantamiento con equipo de estación total.

❖ **TRAZO DEFINITIVO.**

El trazo preliminar se replanteo en campo, donde se realizaron las modificaciones necesarias obteniéndose finalmente el trazo definitivo.

❖ **PERFIL LONGITUDINAL –RASANTE- SECCIONES TRANSVERSALES.**

Realizado la nivelación de la poligonal con estación total se importaron los datos al programa AutoCAD civil 3D para el respectivo dibujo del perfil longitudinal, rasante. Las secciones transversales se realizaron cada 20m. (Ver planos).

III.6.4. HIDRÁULICA.

III.6.4.1. DISEÑO HIDRÁULICO ESTRUCTURAL.

El diseño hidráulico estructural del presente proyecto comprende:

- 01 toma de captación.
- 4.66 Km de canal revestido con concreto de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.
- 01 partidor.
- 24 tomas laterales.
- 03 medidores Parshall.
- 07 puentes vehiculares.
- 10 puentes peatonales.

El sistema de conducción lo constituirá el canal revestido con losa de concreto de 7.5 cm. de espesor y concreto de $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, tendrá sección trapezoidal con capacidades de conducción máxima de 1.00 m³/seg. con plantilla 0.80 m, talud 1.0 y con 0.5 m³/seg con plantilla de 0.50 m, talud de 1.0.

La toma principal se ha diseñado con una capacidad de captación de 1.00 m³/seg de agua conduciéndolo hasta un partidor (progresiva 0+832.50), de este partidor es distribuido el canal hacia los canales Laynes y Santa Lucia con capacidad de 500 lt/seg cada uno.

III.6.4.2. CÁLCULO HIDRÁULICO DEL CANAL.

Se ha definido el caudal en base al área de influencia y según módulo máximo de riego obtenido para el mes de Abril (1.25 lit/seg).ver cuadro N° 39

El sistema de conducción lo constituirá el canal revestido con losa de concreto de 7.5 cm. de espesor y concreto de $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, tendrá sección trapezoidal con capacidades de conducción máxima de 1.00 m³/seg. con plantilla 0.80 m, talud 1.0 y con 0.5 m³/seg con plantilla de 0.50 m, talud de 1.0.

El cálculo hidráulico del canal se realizó utilizando el programa de H. Canales.

III.6.5. PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL.

El impacto ambiental para este proyecto se clasifica como LEVE para este proyecto.

A fin de mitigar los impactos ambientales que afectarán a la zona agrícola, se ha previsto desarrollar las siguientes actividades:

- a. Humedecimiento de material de relleno durante la extracción, transporte y colocación.
- b. Regado de caminos de servicio durante el transporte de material de relleno desde canteras, actividad que está prevista en la partida de mantenimiento de caminos de accesos.
- c. Limpieza de desechos inorgánicos como residuos de grasas, aceites, lubricantes, repuestos de maquinaria, se empleará mano de obra.
- d. Capacitación en manejo ambiental a trabajadores y operadores de maquinaria, actividad que estará a cargo de un técnico ambiental.

CAPITULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

IV.1. AGROLOGÍA.

IV. 1.1. EFICIENCIA DE RIEGO SIN PROYECTO EN EL SECTOR LAYNES- JAYANCA

Cuadro 35: Eficiencia de riego sin proyecto en el sector Laynes-Jayanca.

EFICIENCIAS	CANAL LAYNES	RED DE DISTRIBUCIÓN	A NIVEL DE PARCELA
A. Conducción	80.35 %		
B. Distribución		71.43 %	
C. Aplicación			55.00 %
EFICIENCIA TOTAL DE RIEGO (A)x(B)x(C) = 31.57 %			

IV. 1.2. EFICIENCIA DE RIEGO CON PROYECTO EN EL SECTOR LAYNES- JAYANCA.

Cuadro 36: Eficiencia de riego con proyecto en el sector Laynes-Jayanca.

EFICIENCIAS	CANAL PRINCIPAL	RED DE DISTRIBUCIÓN	A NIVEL DE PARCELA
A. Conducción	90.00 %		
B. Distribución		80.00 %	
C. Aplicación			60.00 %
EFICIENCIA TOTAL DE RIEGO (A)x(B)x(C) = 43.20 %			

- **DISCUSIÓN.**

La eficiencia de riego con proyecto en el sector Laynes-Jayanca se justifica con en el siguiente cuadro.

Cuadro 37: Eficiencia de riego con proyecto en el sector Laynes-Jayanca.

Nivel del sistema de Riego	Eficiencia	Justificación
SIN PROYECTO		
Conducción en tramo de tierra.	80.35 %	Tramos en tierra, abundante vegetación, caja amplia, pendiente irregular.
Distribución	71.43%	Son canales en tierra y en estado regular, cuentan con tomas
Aplicación		La aplicación es por surcos, suelos
Eficiencia de Riego	31.57 %	Sin proyecto
CON PROYECTO		
Conducción en tramo revestido.	90.00%	Sección adecuada revistada con
Distribución	80.00%	Los canales y tomas laterales son operadas eficientemente, serán
Aplicación	60.00%	Mediante la capacitación se aplicarán las láminas necesarias,
Eficiencia de Riego	43.20%	Con proyecto

IV.1.4.RESULTADOS DE LA DEMANDA HIDRICA.

IV.1.4.1. SITUACIÓN SIN PROYECTO.

Para una eficiencia de riego de 31.57 %, Los resultados de la demanda se presentan en el Cuadro 38.

Cuadro 38: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA PARA LAS ÁREAS ACTUALES BAJO RIEGO SITUACIÓN SIN PROYECTO.

Variable	Unid.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Eto	mm	181.06	170.65	185.29	164.04	155.85	139.03	131.43	132.21	133.83	143.64	146.50	168.00
Kc_ponderado	s/u	0.00	0.50	0.53	0.85	0.79	0.66	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UC	mm	0.00	85.33	98.76	139.62	122.43	91.70	49.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P. Efec.	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req.	mm	0.00	85.33	98.76	139.62	122.43	91.70	49.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Vol.	m³/ha	0.00	853.25	987.56	1,396.22	1,224.29	917.04	499.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ef. Riego	s/u	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Nº horas riego	horas	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
MR	lt/seg	0.00	1.12	1.17	1.71	1.45	1.12	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Área Total	ha	0.00	62.32	302.26	302.26	302.26	302.26	239.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Qdem.	lt/seg	0.00	69.63	353.01	515.72	437.63	338.73	141.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Qdem.	MMC	0.00	0.17	0.95	1.34	1.17	0.88	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEMANDA ANUAL	MMC	4.88											

FUENTE: Elaboración propia

IV.1.4.2. SITUACIÓN CON PROYECTO.

Para una eficiencia de riego del 43.20 %, los resultados de la demanda hídrica se resumen a continuación.

En situación con proyecto se presenta un caudal máximo de riego de 433.42 lit/seg, con un módulo de riego de 1.25 lit/seg por hectárea. El requerimiento en masa de agua es de 4.09 MMC. Ver Cuadro 39

Cuadro 39: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA PARA LAS ÁREAS ACTUALES BAJO RIEGO SITUACION CON PROYECTO.

Variable	Unid.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Eto	mm	181.06	170.65	185.29	164.04	155.85	139.03	131.43	132.21	133.83	143.64	146.50	168.00
Kc_ponderado	s/u	0.00	0.50	0.53	0.85	0.79	0.66	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UC	mm	0.00	85.33	98.76	139.62	122.43	91.70	49.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P. Efec.	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req.	mm	0.00	85.33	98.76	139.62	122.43	91.70	49.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Req. Vol.	m³/ha	0.00	853.25	987.56	1,396.22	1,224.29	917.04	499.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ef. Riego	s/u	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Nº horas riego	horas	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
MR	lt/seg	0.00	0.82	0.85	1.25	1.06	0.82	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Área Total	ha	0.00	62.32	347.59	347.59	347.59	347.59	285.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Qdem	lt/seg	0.00	50.88	296.67	433.42	367.79	284.67	123.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Qdem	MMC	0.00	0.12	0.79	1.12	0.99	0.74	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DEMANDA ANUAL	MMC	4.09											

FUENTE: Elaboración propia

- DISCUSIÓN.**

Los resultados de la demanda demuestran que es el mes de Abril es donde se presenta el mayor requerimiento por situaciones climáticas con un módulo de riego de 1.25 lit/seg.

IV.1.5. OFERTA HIDRICA.

Cuadro 40: Cálculo de oferta de agua para riego.

Variable	Unid.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Qdem.	lt/seg	0.00	69.63	353.01	515.72	437.63	338.73	141.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,856.44
Qdem.	MMC	0.00	0.17	0.95	1.34	1.17	0.88	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Qmej.	MMC	0.00	0.19	1.08	1.52	1.34	1.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Q.Ofer.	MMC	0.00	0.19	1.08	1.52	1.34	1.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Oferta Anual	MMC													4.88

Qdem. = Caudal de demanda actual.

Qmej. = Caudal por mejoramiento de eficiencias.

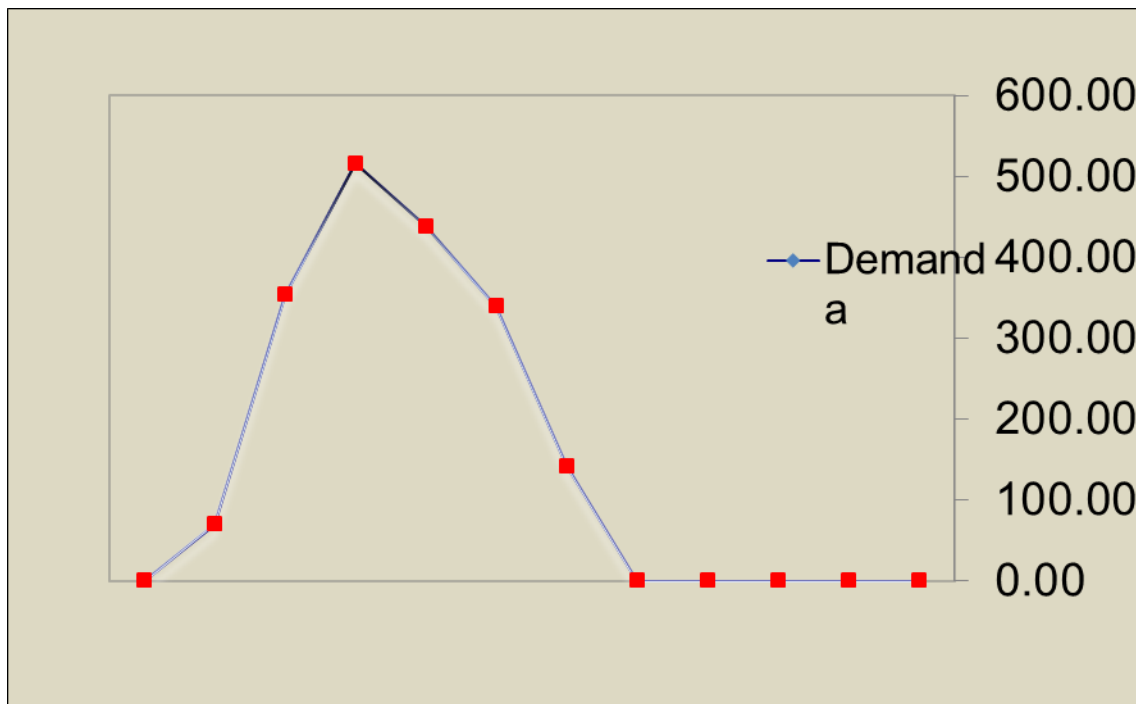
Qof. = Caudal ofertado.

IV.1.5.1. OFERTA DE AGUA SIN PROYECTO.

Cuadro 41: OFERTA DE AGUA PARA RIEGO MENSUAL.

Fuentes de Agua para Riego	Caudal de agua en lt/seg											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Demanda total	0.00	69.63	353.01	515.72	437.63	338.73	141.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Oferta neta actual	0.00	69.63	353.01	515.72	437.63	338.73	141.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Demanda insatisfecha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 15: Disponibilidad de agua situación “sin proyecto”.



IV.1.5.2. OFERTA DE AGUA CON PROYECTO.

Cuadro 42: OFERTA DE AGUA PARA RIEGO MENSUAL.

Fuentes de Agua para Riego	Caudal de agua en lt/seg											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Demanda total	0.00	50.88	296.67	433.42	367.79	284.67	123.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Oferta neta actual	0.00	79.38	402.43	587.93	498.90	386.15	161.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE: propia.

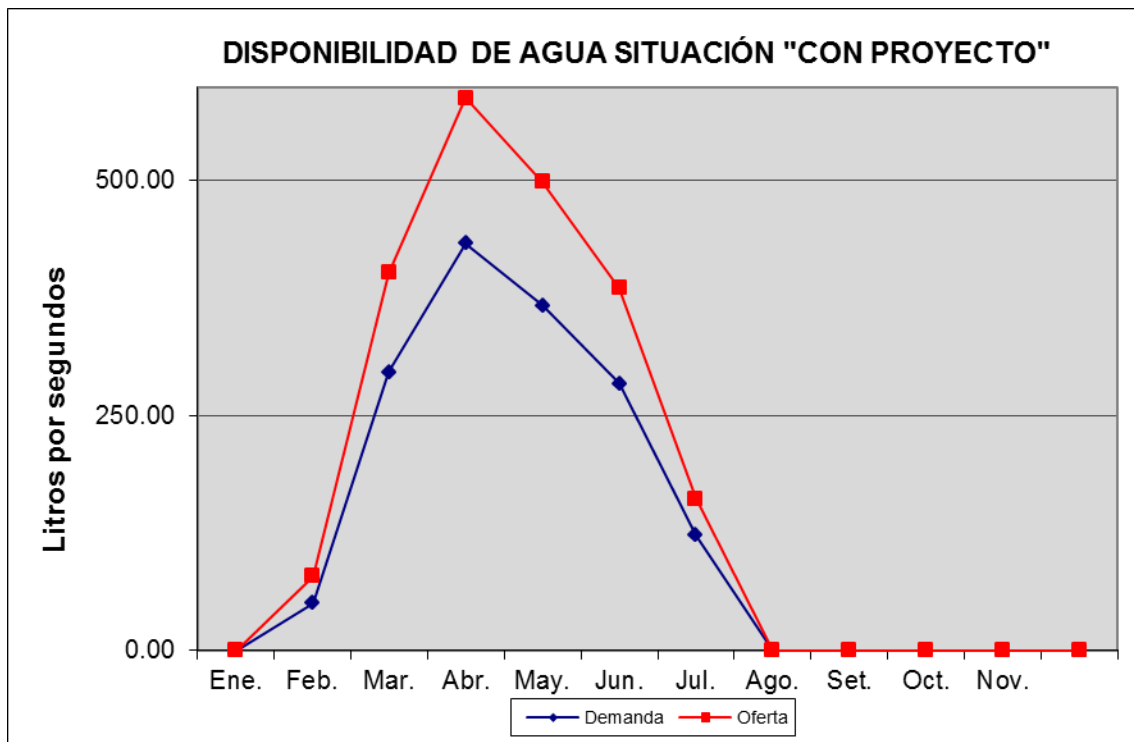
IV.1.5.3. BALANCE OFERTA –DEMANDA HIDRICA.

El balance hídrico de la Oferta – Demanda, en la situación “Sin Proyecto” se presenta sin variaciones es decir la demanda en este caso es igual a la oferta y para 347.59 has en la situación “Con Proyecto”, calculada según el Cuadro 43. se aprecia que se presentará un ligero superávit de 1.47 MMC.

Cuadro 43: OFERTA-DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO MENSUAL.

SIN PROYECTO														
Descripción		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Demanda Proyectada	MMC	0.00	0.17	0.95	1.34	1.17	0.88	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.88
Oferta Proyectada	MMC	0.00	0.17	0.95	1.34	1.17	0.88	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.88
Balance:Superavit	MMC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CON PROYECTO														
Demanda Proyectada	MMC	0.00	0.12	0.79	1.12	0.99	0.74	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09
Oferta Proyectada	MMC	0.00	0.19	1.08	1.52	1.34	1.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.56
Balance:Superavit	MMC	0.00	0.07	0.28	0.40	0.35	0.26	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47

Figura 16: Disponibilidad de agua situación “con proyecto”



Esto demuestra la hipótesis de que el proyecto mejorara la eficiencia de riego y por lo tanto la productividad agrícola de la zona de influencia del proyecto.

IV.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

IV.2.1.PERFIL ESTRATIGRAFICO.

Las profundidades de las calicatas se midieron tomando como cota de inicio la rasante del canal.

-Calicata C01. Toma - Progresiva KM. 0+000. (Ver anexo estudio de mecánica de suelos)

Cuadro 44: Estudio de mecánica de suelos calicata C1.

		CALICATA	
		C1-KM.0+000	
		h=0.00-0.75m	h=0.75-1.50
ENSAYO	NORMA		
A.GRANULOMETRICO	ASTM D 422	SM	SM-SC
CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM D 2216	9.89%	24.56%
CLASIFICACION (SUCS)	ASTM D 2487	SM	SM-SC
LIMITE LIQUIDO	ASTM D 423	23.59	26.28
LIMITE PLASTICO	ASTM D 424	21.95	20.5
INDICE PLASTICO		1.64	5.78

De 0.00 – 0.75 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limosas, mezclas de arena y limo de baja plasticidad de consistencia semi suave de color amarillento, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM. Con una humedad natural de 9.89%.

- De 0.75 – 1.50 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limo-arcillosas, mezclas de arena, limo y arcilla de baja plasticidad de consistencia semi dura de color marrón oscuro, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM-SC. Con una humedad natural de 24.56%.

-Calicata C02 – Progresiva KM. 0+050. (Ver anexo estudio de mecánica de suelos)

Cuadro 45: Estudio de mecánica de suelos calicata C2.

		CALICATA	
		C50-KM.0+050	
		h=0.00-0.50m	h=0.50-1.50
ENSAYO	NORMA		
A.GRANULOMETRICO	ASTM D 422	SM	SM-SC
CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM D 2216	10.35%	27.02%
CLASIFICACION (SUCS)	ASTM D 2487	SM	SM-SC
LIMITE LIQUIDO	ASTM D 423	24.54	27.98
LIMITE PLASTICO	ASTM D 424	23.49	21.95
INDICE PLASTICO		1.05	6.03

- De 0.00 – 0.50 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limosas, mezclas de arena y limo de baja plasticidad de consistencia semi suave de color amarillento, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM. Con una humedad natural de 10.35%.
- De 0.50 – 1.50 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limo arcillosas, mezclas de arena, limo y arcilla de baja plasticidad de consistencia semi dura de color marrón oscuro, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM-SC. Con una humedad natural de 27.02%.

-Calicata C03 – Progresiva KM. 1+500.

Cuadro 46: Estudio de mecánica de suelos calicata C1500.

		CALICATA	
		C1500-KM.1+500	
		h=0.00-0.65m	h=0.65-1.50
ENSAYO	NORMA		
A.GRANULOMETRICO	ASTM D 422	SM	SM-SC
CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM D 2216	11.39%.	21.29%.
CLASIFICACION (SUCS)	ASTM D 2487	SM	SM-SC
LIMITE LIQUIDO	ASTM D 423	23.57	27.57
LIMITE PLASTICO	ASTM D 424	21.5	22.12
INDICE PLASTICO		2.07	5.45

- De 0.00 – 0.65 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limosas, mezclas de arena y limo de baja plasticidad de consistencia semi suave de color amarillento, clasificada el sistema SUCS como un suelo **SM**. con una humedad natural de 11.39%.
- De 0.65 – 1.50 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limo - arcillosas, mezclas de arena, limo y arcilla de baja plasticidad de consistencia semi dura de color marrón oscuro, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM-SC. con una humedad natural de 21.29%.

-Calicata C04 – Progresiva KM. 3+500.

Cuadro 47: Estudio de mecánica de suelos calicata C3500.

			CALICATA	
			C3500-KM.3+500	
			h=0.00-0.50m	h=0.50-1.50 m
ENSAYO		NORMA		
A.GRANULOMETRICO		ASTM D 422	SM	SM-SC
CONTENIDO DE HUMEDAD		ASTM D 2216	10.10%	26.02%.
CLASIFICACION (SUCS)		ASTM D 2487	SM	SM-SC
LIMITE LIQUIDO		ASTM D 423	23.67	27.26
LIMITE PLASTICO		ASTM D 424	22.56	21.65
INDICE PLASTICO			1.11	5.61

- De 0.00 – 0.50 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limosas, mezclas de arena y limo de baja plasticidad de consistencia semi suave de color amarillento, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM. con una humedad natural de 10.10%.
- De 0.50 – 1.50 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limo-arcillosas, mezclas de arena, limo y arcilla de baja plasticidad de consistencia semi dura de color marrón oscuro, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM-SC. con una humedad natural de 26.02%.

-Calicata C05 – Progresiva KM. 4+700.

Cuadro 48: Estudio de mecánica de suelos calicata C4700.

		CALICATA			
		C4700-KM.4+700			
		h=0.00-0.60m	h=0.60-1.50 m		
ENSAYO	NORMA				
A.GRANULOMETRICO	ASTM D 422	SM	SM-SC		
CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM D 2216	10.06%.	26.90%.		
CLASIFICACION (SUCS)	ASTM D 2487	SM	SM-SC		
LIMTE LIQUIDO	ASTM D 423	20.23	28.72		
LIMITE PLASTICO	ASTM D 424	19.02	22.38		
INDICE PLASTICO		1.21	6.34		

.De 0.00 – 0.50 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limosas, mezclas de arena y limo de baja plasticidad de consistencia semi suave de color amarillento, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM. con una humedad natural de 10.06%.

.De 0.60 – 1.50 m de profundidad se tiene la presencia de un estrato de arenas limo-arcillosas, mezclas de arena, limo y arcilla de baja plasticidad de consistencia semi dura de color marrón oscuro, clasificada el sistema SUCS como un suelo SM-SC. Con una humedad natural de 26.90%.

IV.2.2.PERMEABILIDAD DEL SUELO.

EL resultado del ensayo de permeabilidad en el laboratorio, con carga variable en muestra tomada en calicata C1500 progresiva 1+500 a 1.50m de profundidad fue lo siguiente:

Cuadro 49: Coeficiente de Permeabilidad (K).

CLASIFICACION SUCS	Coeficiente de Permeabilidad (K)
SM-SC	7.615E-04 cm/sg.

FUENTE: propia-laboratorio A&C Exploración Geotecnia S.R.L.

Ver resultado a detalle anexo estudio de mecánica de suelos.

IV.2.3 CLASIFICACIÓN DE CANTERA PARA CONCRETO Y RELLENOS DEL CANAL.

IV.2.3.1. CANTERA PARA CONCRETO - RIO MOTUPE.

Cuadro 50: Resultados realizados de ensayos de cantera Rio Motupe para concreto.

Usos	Para fabricación de concreto (piedra)
Tipo de Material	Cantos rodados de origen fluvial.
Clasificación SUCS	GW

Usos	Para fabricación de concreto (ARENA)
Tipo de Material	Arenas mal gradadas con poco fino
Clasificación SUCS	SP
Modulo de Fineza	2.68%

FUENTE: laboratorio A&C Exploración Geotecnia S.R.L.

IV.2.4. CANTERA PARA AFIRMADO – CERRO ESCUTE.

Cuadro 51: Estudio mecánica de suelos afirmado-cerro Escute.

Usos	Afirmado
Tipo de Material	gravas arcillosas
Clasificación SUCS	GC
Límite Líquido	32.91%
Límite Plástico	21.88%
Índice Plástico	11.03%
Máxima Densidad	2.16gr/cm ³
Humedad Optima	13.46%
C.B.R. al 100%	50.20%
Abrasión	31.26%

Fuente propia - laboratorio A&C Exploración Geotecnia S.R.L.

Ver ensayo granulométrico a detalle anexo estudio mecánica de suelos.

Ver ensayo de límites de Attenberg a detalle anexo estudio de mecánica de suelos.

Ver ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.) a detalle anexo estudio de mecánica de suelos.

IV.2.5. CIMENTACIÓN.

IV.2.5.2. CAPACIDAD PORTANTE.

Resultado de capacidad portante (falla local) para cimentación continua con factor de seguridad igual a tres (fs.=3).

Cuadro 52: Capacidad Admisible Del Terreno. Kg/cm2.

Fuente propia - laboratorio A&C Exploración Geotecnia S.R.L.

<u>CAPTACION</u>	<u>PROF. CIMENTACION-DF</u>	<u>CAPACIDAD ADMISIBLE</u>
<u>C-01 - KM. 0+000</u>	<u>1.20 m</u>	<u>0.87 KG/CM2</u>

Resultado de asentamiento diferencial de cimentación superficial para la construcción de obras de arte del proyecto

Cuadro 53: ASENTAMIENTOS.

CAPTACION	PROF. (m)	Δq_s kg/cm2	B (cm)	Es kg/cm2	If	U	S (cm)
C-01 – KM. 0+000 – TOMA	1.20	0.87	1.20	100	120	0.40	1.05

$$s = \frac{q_s \cdot B \cdot (1-u_2) \cdot I_f}{E_s}$$

Donde:

S	asentamiento
q_s	esfuerzo neto transmisible
B	ancho de cimentación
E_s	modulo de elasticidad
U	relación de poisson
If	factor de influencia que depende de la rigidez de la cimentación

DISCUSIÓN.

- De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, descripción del perfil estratigráfico, característica del proyecto, es recomendable una cimentación superficial compuesta por zapatas de concreto, para las obras de arte a ejecutarse dentro del proyecto del canal.
- Se observa que el asentamiento $S=1.05$ cm es menor que el asentamiento máximo permisible para estructuras de tipo convencional $s=1$ pulgada.

IV.3. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

IV.3.1. TRAZO DE CANAL LAYNES.

El trazo del canal secundario Laynes comprende dos tramos que se separan por un partididor en progresiva=0+835.

El primer tramo se inició con BM=0 en toma Laynes, Progresiva=0+000. Terminando el tramo en la progresiva=3+900.

El segundo tramo corresponde al tramo Santa Lucia, Progresiva=0+000. Terminando el tramo, en progresiva=0+860.

El dibujo del trazo de canal Laynes vista en planta con su respectivo cuadro de coordenadas y elementos de curva se muestra en los planos.

IV.3.2. PERFIL LONGITUDINAL.

El dibujo del perfil longitudinal realizado con el programa AutoCAD civil 3D con escalas:

- Horizontal (H) = 1: 2000.
- Vertical (V) = 1: 200.

Pendientes del canal Laynes:

Cuadro 54: Pendiente canal Laynes primer tramo.

Progresivas		pendiente(s)
0+000	0+835	0.00106
0+835	3+66.50	0.00106
3+66.50	3+900	0.00187

Cuadro 55: Pendiente canal Laynes tramo Santa Lucia.

PROGRESIVAS	PENDIENTE (S)
Km 0+000	0.001
km 0+860	

El dibujo del perfil longitudinal se muestra a detalle en el plano topográfico.

Las secciones transversales dibujadas con el programa AutoCAD civil 3D, se ha tornado cada 20 m.

El dibujo de las secciones transversales se muestra a detalle en el plano topográfico.

IV.4. HIDRÁULICA.

IV.4.1. Cálculo del caudal de diseño DEL CANAL.

$$\text{Modulo de riego} = MR = 1.25 \text{ l/s/ha} \text{ (Ver cuadro 39)}$$

$$\text{Numero de Hectareas} = 347.59 \text{ has}$$

$$Q \text{ de diseño} = 1.25 \text{ l/s/ha} \times 347.59 \text{ has} = 434.4875 \text{ l/s}$$

$$Q \text{ de diseño} = 0.434 \text{ m}^3/\text{s}$$

Por tanto el caudal mínimo para el diseño de canal será de $0.434 \text{ m}^3/\text{s}$.

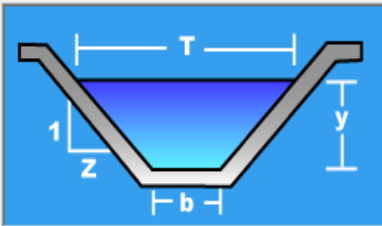
IV.4.2. RESULTADOS CÁLCULO HIDRÁULICO CANAL LAYNES.

Programa H-Canales.

Lugar: JAYANCA-CANAL LAYNES Tramo: 0+000-0+835	Proyecto: TESIS Revestimiento: CONCRETO
--	---

Datos:

Caudal (Q):	1	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.8	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.00106	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.6179	m
Área hidráulica (A):	0.8761	m ²
Espejo de agua (T):	2.0357	m
Número de Froude (F):	0.5555	
Tipo de flujo:	Subcrítico	

Perímetro (p):	2.5476	m
Radio hidráulico (R):	0.3439	m
Velocidad (v):	1.1415	m/s
Energía específica (E):	0.6843	m-Kg/Kg


 Calcular


 Limpiar Pantalla


 Imprimir


 Menú Principal


 Calculadora

Ejecuta las operaciones

07:31 p.m.

05/12/2016

Lugar: JAYANCA-CANAL LAYNES

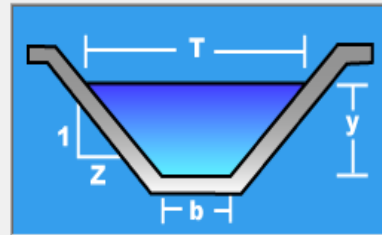
Proyecto: TESIS

Tramo: 0+835-3+066.50

Revestimiento: CONCRETO

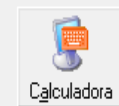
Datos:

Caudal (Q): 0.5 m³/s
Ancho de solera (b): 0.5 m
Talud (Z): 1
Rugosidad (n): 0.014
Pendiente (S): 0.001067 m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.5120	m	Perímetro (p):	1.9482	m
Área hidráulica (A):	0.5182	m ²	Radio hidráulico (R):	0.2660	m
Espejo de agua (T):	1.5240	m	Velocidad (v):	0.9650	m/s
Número de Froude (F):	0.5284		Energía específica (E):	0.5595	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				



Lugar: JAYANCA-CANAL LAYNES

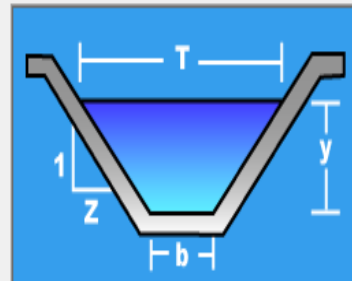
Proyecto: TESIS

Tramo: 3+066.50-3+880

Revestimiento: CONCRETO

Datos:

Caudal (Q): 0.5 m³/s
Ancho de solera (b): 0.5 m
Talud (Z): 1
Rugosidad (n): 0.014
Pendiente (S): 0.00187 m/m



Resultados:

Tirante normal (y): 0.4448 m
Área hidráulica (A): 0.4203 m²
Espejo de agua (T): 1.3896 m
Número de Froude (F): 0.6907
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 1.7581 m
Radio hidráulico (R): 0.2390 m
Velocidad (v): 1.1897 m/s
Energía específica (E): 0.5170 m-Kg/Kg

Lugar: JAYANCA-SANTA LUCIA

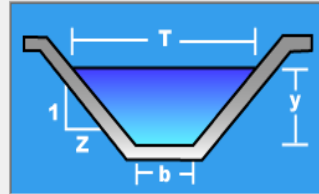
Proyecto: TESIS

Tramo: 0+000-0+860

Revestimiento: CONCRETO

Datos:

Caudal (Q): 0.5 m³/s
Ancho de solera (b): 0.5 m
Talud (Z): 1
Rugosidad (n): 0.014
Pendiente (S): 0.001 m/m



Resultados:

Tirante normal (y): 0.5203 m
Área hidráulica (A): 0.5309 m²
Espejo de agua (T): 1.5406 m
Número de Froude (F): 0.5123
Tipo de flujo: Subcrítico

Perímetro (p): 1.9717 m
Radio hidráulico (R): 0.2693 m
Velocidad (v): 0.9418 m/s
Energía específica (E): 0.5655 m-Kg/Kg



IV.4.3.DISEÑO HIDRÁULICO DE TOMA LATERAL LAYNES.

Datos.

Canal Principal

Canal Lateral

Caudal $Q_1 = 3 \text{ m}^3/\text{s}$

Caudal $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$

Q mínimo = $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{mín}} = 0.32 \text{ m}^3/\text{s}$

Pendiente $S_1 = 0.001$

Pendiente $S = 0.001$

Pendiente $S_2 = 0.001$

Coef. Rug $n = 0.014$

Coef. Rug $n = 0.014$

Talud $Z = 0$

Talud $Z_1 = 1$

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

Talud $Z_2 = 1$

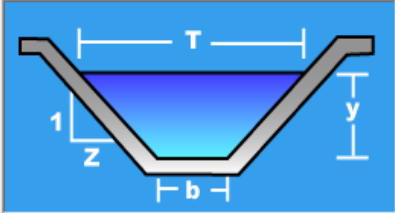
$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

a. Calculo hidráulico del canal principal y canal lateral.

- canal principal aguas arriba.

Caudal máximo.

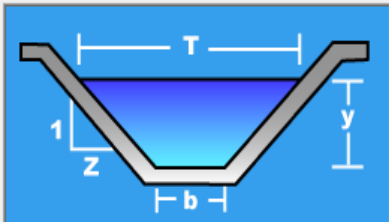
Datos:			
Caudal (Q):	3	m^3/s	
Ancho de solera (b):	1	m	
Talud (Z):	1		
Rugosidad (n):	0.014		
Pendiente (S):	0.001	m/m	



Resultados:			
Tirante normal (y):	1.0118	m	
Área hidráulica (A):	2.0355	m^2	
Espejo de agua (T):	3.0235	m	
Número de Froude (F):	0.5735		
Tipo de flujo:	Subcrítico		
Perímetro (p):	3.8617	m	
Radio hidráulico (R):	0.5271	m	
Velocidad (v):	1.4739	m/s	
Energía específica (E):	1.1225	m-Kg/Kg	

Caudal Mínimo.

Datos:		
Caudal (Q):	0.900	m ³ /s
Ancho de solera (b):	1	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.001	m/m

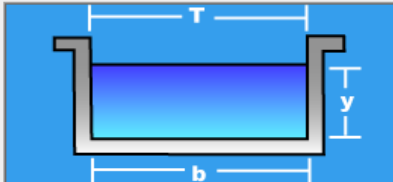


Resultados:		
Tirante normal (y):	0.5415	m
Area hidráulica (A):	0.8348	m ²
Espejo de agua (T):	2.0831	m
Número de Froude (F):	0.5437	
Tipo de flujo:	Subcrítico	
Perímetro (p):	2.5317	m
Radio hidráulico (R):	0.3297	m
Velocidad (v):	1.0781	m/s
Energía específica (E):	0.6008	m-Kg/Kg

-Canal lateral.

Caudal máximo.

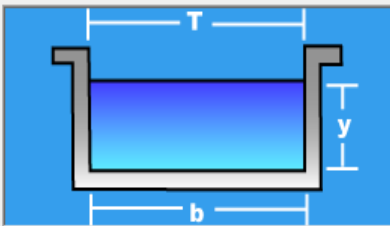
Datos:		
Caudal (Q):	1	m ³ /s
Ancho de solera (b):	1	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.001	m/m



Resultados:		
Tirante normal (y):	0.9351	m
Area hidráulica (A):	0.9351	m ²
Espejo de agua (T):	1.0000	m
Número de Froude (F):	0.3531	
Tipo de flujo:	Subcrítico	
Perímetro (p):	2.8701	m
Radio hidráulico (R):	0.3258	m
Velocidad (v):	1.0695	m/s
Energía específica (E):	0.9933	m-Kg/Kg

Caudal Mínimo.

Datos:	
Caudal (Q):	0.320 m ³ /s
Ancho de solera (b):	1 m
Talud (Z):	0
Rugosidad (n):	0.014
Pendiente (S):	0.001 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.3899 m	Perímetro (p):	1.7797 m
Área hidráulica (A):	0.3899 m ²	Radio hidráulico (R):	0.2191 m
Espejo de agua (T):	1.0000 m	Velocidad (v):	0.8208 m/s
Número de Froude (F):	0.4197	Energía específica (E):	0.4242 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

IV.4.4.DISEÑO DE COMPUERTA TOMA PRINCIPAL.

. Caudal Máximo.

Según calculo anterior para caudal máximo $Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$ se tiene un tirante aguas arriba de la

Compuerta $y = 0.935\text{m}$.

Asumimos:

$b =$ ancho de compuerta = 1m

$a =$ abertura de compuerta = 0.50m.

Calculando con el programa H-CANALES se observa como resultado un caudal

$Q = 1.1532 \text{ m}^3/\text{s}$ (caudal aceptable debido a que es ligeramente mayor al requerido de $1 \text{ m}^3/\text{s}$).

Calculos en compuertas y orificios

Compuerta
Orificio

Datos de la compuerta:

Ancho de la compuerta (b): m

Tirante aguas arriba (y1): m

Abertura de la compuerta (a): m

Coefficiente de contracción (Cc):

Ecuaciones:

$$Q = C_d b a \sqrt{2gy_1} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

donde:

$$C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{y_1}}}$$

para fines prácticos: $C_c = 0.62$ $C_v = \text{coeficiente velocidad}$

$$C_v = 0.96 + 0.079 \frac{a}{y_1}$$

$b = \text{ancho compuerta, m}$
 $a = \text{abertura compuerta, m}$
 $y_1 = \text{tirante aguas arriba compuerta, m}$
 $C_d = \text{coeficiente descarga}$

Elementos de una compuerta

$y_2 = C_c \times a$
 $L = \frac{a}{C_c}$

Resultados:

Coefficiente de velocidad (Cv):

Coefficiente de descarga (Cd):

Caudal (Q): m³/s
 l/seg

Calcular

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

Retorna al Menú principal
06:50 p.m.
22/10/2015

. Caudal Mínimo.

Según calculo anterior para caudal mínimo $Q = 0.900 \text{ m}^3/\text{s}$ se tiene un tirante aguas arriba de la Compuerta $y = 0.5415\text{m}$.

$b = \text{ancho de compuerta} = 1\text{m}$.

$a = \text{abertura de compuerta} = 0.50\text{m}$.

Calculando con el programa H-CANALES se observa como resultado un caudal

$Q = 0.8323 \text{ m}^3/\text{s}$ (Caudal aceptable debido a que es ligeramente menor al requerido de $1\text{m}^3/\text{s}$).

Compuerta

Orificio

Datos de la compuerta:

Ancho de la compuerta (b): m

Tirante aguas arriba (y1): m

Abertura de la compuerta (a): m

Coeficiente de contracción (Cc):

Ecuaciones:

$$Q = C_d b a \sqrt{2g y_1} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

donde:

$$C_d = \frac{C_c C_v}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{y_1}}}$$

para fines prácticos:

$$C_c = 0.62$$

$$C_v = 0.96 + 0.079 \frac{a}{y_1}$$

b = ancho compuerta, m
a = abertura compuerta, m
y1 = tirante aguas arriba compuerta, m
Cd = coeficiente descarga
Cv = coeficiente velocidad

Elementos de una compuerta

$y_2 = C_c \times a$
 $L = \frac{a}{C_c}$

Resultados:

Coeficiente de velocidad (Cv):

Coeficiente de descarga (Cd):

Caudal (Q): m3/s

l/seg

Calcular

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

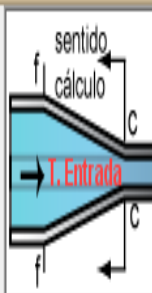
121

IV.4.5. DISEÑO TRANSICIÓN DE ENTRADA ALABEADA EN FLUJO SUBCRÍTICO (TOMA PRINCIPAL)



Cálculos para una transición de entrada alabeada en flujo subcrítico

Cálculos para una transición de entrada alabeada



Datos de Entrada:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera en la sección C: m

Ancho de solera en la sección F: m

Talud en la sección C:

Talud en la sección F:

Tirante en la sección C: m

Diferencia de cotas HZ: m

Coef. de pérdida en transición K:

Resultados:

Tirante en la sección F: m

Longitud de la transición: m

Número de tramos N:

Cálculo del ancho solera, talud y variación de fondo:

l	b(l)	Z(l)	HZ(l)
0	0.8000	0.0000	0.0000
1	0.8851	0.0000	0.1500
2	1.2000	0.0000	0.3000

Cálculo del tirante, velocidad y energía:

l	y(l)	v(l)	E(l)
0	0.6179	2.0230	0.8265
1	0.9111	1.2400	0.9895
2	1.1161	0.7467	1.1445

IV.4.6.INFILTRACION DEL CANAL EN TIERRA Y REVESTIDO.

Con el programa H-canales se realizaron los cálculos para evaluar la infiltración del canal en tierra y revestido. Para dichos cálculos se ha tenido en cuenta el estudio de mecánica de suelos del canal que nos indica un tipo de suelo predominantemente limo- arenoso y limo-arcilloso (SM-SC). Para el canal en tierra del Cuadro N° 15 la tabla de valores de coeficiente de rugosidad de Manning se ha considerado $n=0.030$ y para canal revestido de concreto $n=0.014$.

El canal en tierra se obtiene los siguientes resultados:

$$caudal\ inicial = Q_{inicial} = 1\ m^3/s$$

$$caudal\ perdido\ total = Q_{perdido\ total} = 0.0513\ m^3/s$$

$$Caudal\ final\ total = Q_{final\ total} = 0.9487\ m^3/s$$

$$porcentaje\ perdidas\ total = \% \text{ perdidas total} = 5.13\%$$

El canal revestido en concreto se obtiene los siguientes resultados:

$$caudal\ inicial = Q_{inicial} = 1\ m^3/s$$

$$caudal\ perdido\ total = Q_{perdido\ total} = 0.0038\ m^3/s$$

$$Caudal\ final\ total = Q_{final\ total} = 0.9962\ m^3/s$$

$$porcentaje\ perdidas\ total = \% \text{ perdidas total} = 0.38\%$$

- Los resultados obtenidos demuestran la hipótesis de que el revestimiento del canal con concreto mejorará las pérdidas por infiltración.

PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN CANAL EN TIERRA.

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Longitud canal (L): Km

Canales en tierra

Datos del lecho del canal:

Etcheverry | Punjab | Moritz | Pavlovski - Kostikov | Davis - Wilson

Material del lecho del canal:

Coficiente permeabilidad m/s:

Pérdidas m³/s-km:

Pérdidas:

Fórmula	m ³ /s-km
Ingham	0.006219
Etcheverry	0.019078
Punjab	0.02
Moritz	0.002900
Pavlovski	0.000221
Kostikov	0.000194
Davis-Wilson	0.009178

Descartar:

☐ Ingham

☐ Etcheverry

☐ Punjab

☐ Moritz

☐ Pavlovski

☐ Kostikov

☐ Davis-Wilson

Pérdidas promedio/km (P): m³/s-km

Canales revestidos



Caudales resultantes:

Q perdido: m³/s

Q final: m³/s

% pérdidas: %

Resultados hidráulicos parciales:

Tirante normal (y): m

Area hidráulica (A): m²

Perímetro (p): m

Espejo de agua (T): m

Velocidad (v): m/s

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Longitud canal (L): Km

Canales en tierra

Datos del lecho del canal:

Pavlovski - Kostikov | Davis - Wilson | Etcheverry | Punjab | Moritz

Material del lecho del canal:

Coficiente permeabilidad:

Pérdidas m³/s-km:

Pérdidas:

Fórmula	m ³ /s-km
Ingham	0.004259
Etcheverry	0.013022
Punjab	0.013538
Moritz	0.001979
Pavlovski	0.000173
Kostikov	0.000151
Davis-Wilson	0.006614

Descartar:

☐ Ingham

☐ Etcheverry

☐ Punjab

☐ Moritz

☐ Pavlovski

☐ Kostikov

☐ Davis-Wilson

Pérdidas promedio/km (P): m³/s-km

Canales revestidos



Caudales resultantes:

Q perdido: m³/s

Q final: m³/s

% pérdidas: %

Resultados hidráulicos parciales:

Tirante normal (y): m

Area hidráulica (A): m²

Perímetro (p): m

Espejo de agua (T): m

Velocidad (v): m/s

Datos:
Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m
Longitud canal (L): Km

Resultados hidráulicos parciales:
Tirante normal (y): m
Área hidráulica (A): m²
Perímetro (p): m
Espejo de agua (T): m
Velocidad (v): m/s

Canales en tierra

Datos del lecho del canal:

Etcheverry | **Punjab** | **Moritz** |
Pavlovski - Kostiakov | Davis - Wilson

Material del lecho del canal:

Coeficiente permeabilidad m/s:
Pérdidas m³/s-km:

Pérdidas:

Fórmula	m ³ /s-km
Ingham	0.003612
Etcheverry	0.011063
Punjab	0.013538
Moritz	0.001682
Pavlovski	0.000155
Kostiakov	0.000135
Davis-Wilson	0.005688

Descartar:
☐ Ingham
☐ Etcheverry
☐ Punjab
☐ Moritz
☐ Pavlovski
☐ Kostiakov
☐ Davis-Wilson

Pérdidas promedio/km (P): m³/s-km

Canales revestidos



Caudales resultantes:
Q perdido: m³/s
Q final: m³/s
% pérdidas: %

Datos:
Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m
Longitud canal (L): Km

Resultados hidráulicos parciales:
Tirante normal (y): m
Área hidráulica (A): m²
Perímetro (p): m
Espejo de agua (T): m
Velocidad (v): m/s

Canales en tierra

Datos del lecho del canal:

Etcheverry | **Punjab** | **Moritz** |
Pavlovski - Kostiakov | **Davis - Wilson**

Material del lecho del canal:

Coeficiente permeabilidad m/s:
Pérdidas m³/s-km:

Pérdidas:

Fórmula	m ³ /s-km
Ingham	0.004341
Etcheverry	0.013270
Punjab	0.013538
Moritz	0.002017
Pavlovski	0.000175
Kostiakov	0.000153
Davis-Wilson	0.006730

Descartar:
☐ Ingham
☐ Etcheverry
☐ Punjab
☐ Moritz
☐ Pavlovski
☐ Kostiakov
☐ Davis-Wilson

Pérdidas promedio/km (P): m³/s-km

Canales revestidos



Caudales resultantes:
Q perdido: m³/s
Q final: m³/s
% pérdidas: %

PÉRDIDAS POR INFILTRACION CANAL EN CONCRETO.

Cálculo de pérdidas por infiltración en canal

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Longitud canal (L): Km

Resultados hidráulicos parciales:

Tirante normal (y): m

Area hidráulica (A): m²

Perímetro (p): m

Espejo de agua (T): m

Velocidad (v): m/s

Canales en tierra
Canales revestidos

Otros datos:

Espesor revestimiento (e): m

Permeabilidad del revestimiento, hormigón (K): cm/s

Resultados:

Pérdidas/km (P): m³·s·km

Q perdido: m³/s

Q final: m³/s

% pérdidas: %



Cálculo de pérdidas por infiltración en canal

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Longitud canal (L): Km

Resultados hidráulicos parciales:

Tirante normal (y): m

Area hidráulica (A): m²

Perímetro (p): m

Espejo de agua (T): m

Velocidad (v): m/s

Canales en tierra
Canales revestidos

Otros datos:

Espesor revestimiento (e): m

Permeabilidad del revestimiento, hormigón (K): cm/s

Resultados:

Pérdidas/km (P): m³·s·km

Q perdido: m³/s

Q final: m³/s

% pérdidas: %





Cálculo de pérdidas por infiltración

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m
Longitud canal (L): Km

Resultados hidráulicos parciales:

Tirante normal (y): m
Área hidráulica (A): m²
Perímetro (p): m
Espejo de agua (T): m
Velocidad (v): m/s

Canales en tierra

Otros datos:

Espesor revestimiento (e): m
Permeabilidad del revestimiento, hormigón (K): cm/s

Resultados:

Pérdidas/km (P): m³·s·km
Q perdido: m³/s
Q final: m³/s
% pérdidas: %

Canales revestidos



Cálculo de pérdidas por infiltración

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m
Longitud canal (L): Km

Resultados hidráulicos parciales:

Tirante normal (y): m
Área hidráulica (A): m²
Perímetro (p): m
Espejo de agua (T): m
Velocidad (v): m/s

Canales en tierra

Otros datos:

Espesor revestimiento (e): m
Permeabilidad del revestimiento, hormigón (K): cm/s

Resultados:

Pérdidas/km (P): m³·s·km
Q perdido: m³/s
Q final: m³/s
% pérdidas: %

Canales revestidos



DISCUSIÓN.

- Analizando los resultados hidráulicos parciales anteriores con el programa H-canales se observa que la velocidad media en todos los tramos es mayor en el canal revestido en concreto que en el canal en tierra.

IV.4.7. RESULTADOS CALCULO ESTRUCTURAL PUENTE VEHICULAR CANAL LAYNES.

a. PREDIMENSIONAMIENTO.

Luz=S=3.60m

Espesor (t) norma ashto tabla 2.5.2.6.3-1 para losas con armadura principal paralela al tránsito.

$$t_{min} = \frac{1.2(S + 3000)}{30} \quad S \text{ en milímetros.}$$

$$t_{min} = \frac{1.2(3600+3000)}{30} = 264\text{mm}=0,26\text{m}$$

Se asume t=0.40m

b. DISEÑO DE FRANJA INTERIOR (1m de ancho).

METRADO DE CARGAS

Wlosa=0.40mx1.0mx2.4 t/m³

Wlosa = 0.96 ton/m

WD= 0.96 ton/m

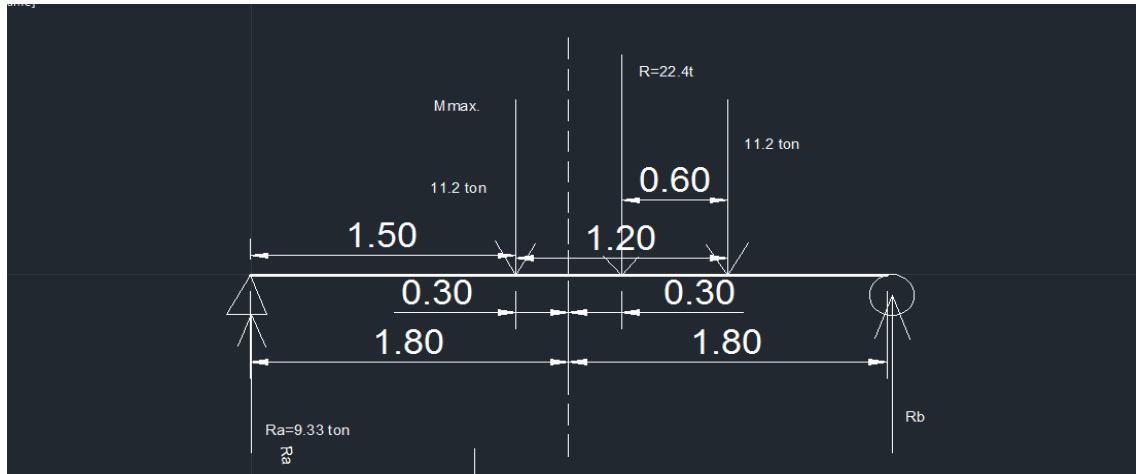
Momento de flexión por carga (MD).

$$MD = \frac{Wlosaxl^2}{8} = \frac{0.96x3.60^2}{8} = 1.56\text{ton/m.}$$

Momento máximo.

Utilizando el teorema de Barret para calcular el Momento Maximo para un tren de cargas (carga Tanden).

Figura 17: Teorema Barret –Momento Máximo.



FUENTE: Propia.

Del grafico fig.7

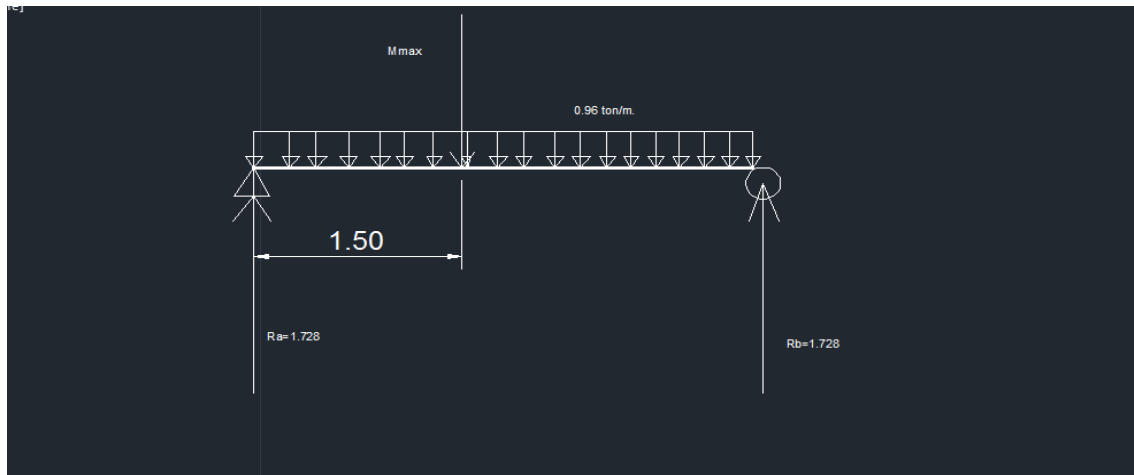
$$\sum M_b = 0 = R_A \times 3.60 - 22.4 \times 3.60$$

$$R_A = 9.33 \text{ ton.}$$

$$x = 1.50 \text{ m.}$$

$$M_{max} = 9.33 \times 1.50 = 13.995 \text{ t-m.}$$

Figura 18: Momento carril.



FUENTE: Propia.

Del grafico Fig.8.

$$M_{carril} = \left(\frac{0.96 \times 3.60}{2} \right) \times 1.50 - 0.96 \times \frac{1.50^2}{2} = 1.512 \text{ ton/m.}$$

Momento máximo por sobrecarga vehicular (LL) y con la consideración de un incremento por carga vehicular dinámica.

(IM=0.33) en estado límite de resistencia I.

$$M_{max}(II + IM) = 1.33M_{max} + M_{carril}$$

$$M_{max}(II + IM) = 1.33(13.995 \text{ t-m}) + 1.512 \text{ t-m}$$

$$M_{max}(II + IM) = 20.125 \text{ t-m.}$$

Ancho de faja (E) para carga viva según norma ashto para caso de una vía (art.4.6.2.3-2).

$$E = 250 + 0.42\sqrt{L_1 \times W_1}$$

$$L_1 = luz = 3.60m = 3600mm.$$

$$W_1 = ancho = 4.50 = 4500mm$$

$$E = 250 + 0.42\sqrt{3600 \times 4500}$$

$$E = 1.94m.$$

$$M_{LL+IM} = \frac{20.125 t - m}{1.92m} = 10.37t - m/m$$

Determinando el coeficiente de impacto:

$$I = 0.366346154 \quad 0.30 \quad \text{usar}$$

Momento por impacto debido a las cargas móviles será:

$$M_i = 3.112113402 \text{ ton-m}$$

Verificación del Peralte en Servicio

$$M_t = 15.04102474 \text{ ton-m/m}$$

Para concreto de 210 kg/cm² y acero de 4200 kg//cm²

Determinando el valor del peralte:

$$d = 34.9386578 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

$$\text{Asumiendo} \quad d = 30 \text{ cm.} \quad \text{espesor } h = 40 \text{ cm.}$$

recubrimiento de 10 cm.

El área de acero necesario por metro de ancho de losa

para diseño por servicio será:

$$A_s = 33.56951975 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Verificando el diseño por rotura:

$$M_u = 31.29948552 \text{ ton-m}$$

Momento último por metro de ancho de losa. Reemplazando

en la expresión general:

$$a = 444.7058824 \text{ As}^2$$

$$b = 113400 \text{ As}$$

$$c = 3129948.552$$

$$A_s = -31.48955316 \text{ cm}^2/\text{m} \text{ tomar valor absoluto.}$$

Área de acero principal por metro de ancho de losa.

Acero de Repartición

Considerando que la losa se arma con el acero principal paralelo al tráfico, se tiene:

$$\% Asr = 28.98754522 \%$$

$$Asr = 9.128048461 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Area de acero de repartición al fondo de losa por metro de ancho.

Acero de Temperatura

$$Ast = 0.0018bh$$

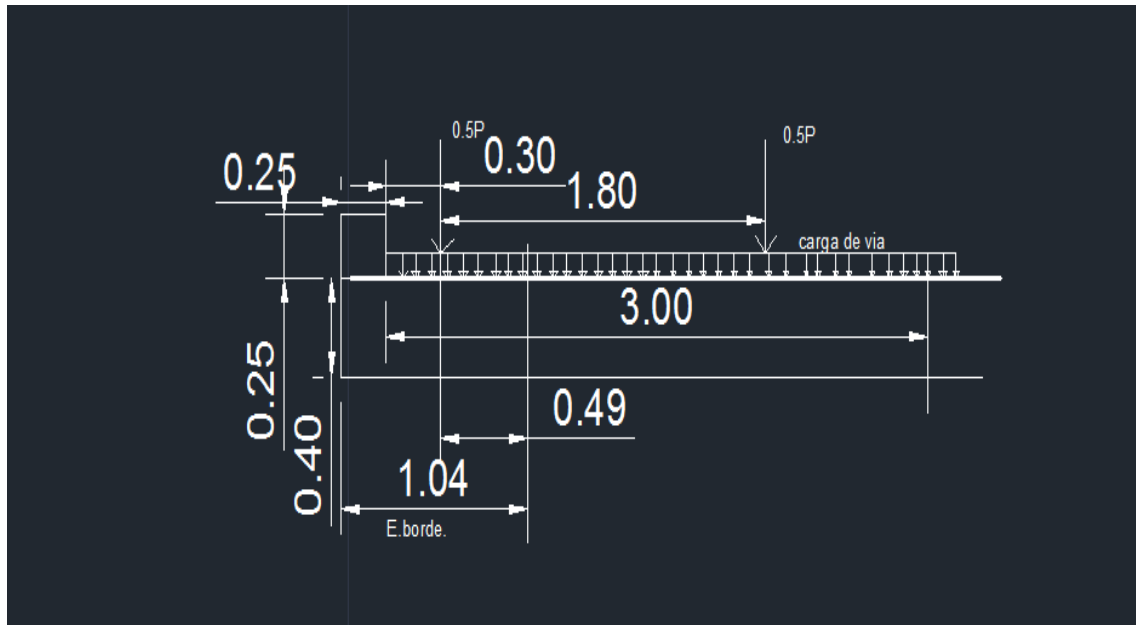
$$Ast = 7.2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

DISTRIBUCION DE ACERO

- Acero principal $As = 31.48955316 \text{ cm}^2$
Espaciamiento = $6.351312735 \text{ cm de } 5/8"$
Dos varillas alternadas = $8.193193428 \text{ cm de } 1/2"$
- Acero de Reparto: $Asr = 9.128048461 \text{ cm}^2$
Espaciamiento = $14.13226502 \text{ cm de } 1/2"$
 $14.13226502 \text{ cm de } 1/2"$
- Acero de Temperatura. $Ast = 3.6 \text{ cm}^2$
Espaciamiento = $35.83333333 \text{ cm de } 1/2"$
 $19.72222222 \text{ cm de } 3/8"$

c. DISEÑO DE FRANJA DE BORDE.

Figura 19: Franja de borde puente vehicular.



Del grafico Fig.9 Según artículo 4.6.2.1.4b de norma ashto el ancho efectivo en bordes longitudinales (E borde) se determina de la siguiente manera:

$$E_{borde} = 0.25m + 0.30 + \frac{E}{2} \leq \frac{E}{2} \vee 1.80$$

$$E_{borde} = 0.25m + 0.30 + \frac{1.94}{2} \leq \frac{1.94}{2} \vee 1.80$$

$$E_{borde} = 1.04 \leq 1.80m \text{ cumple.}$$

Momentos de flexión por cargas (franja de 1.0m de ancho).

$$W_{losa} = 0.40m \times 1.00m \times 2.4t/m^3 = 0.96 \text{ t-m}$$

El peso de la barrera se asume distribuido en E. borde:

$$\text{Peso barrera: } 0.600t/1.04m = 0.58 \text{ ton/m}$$

Carga muerta WD=1.54 t-m.

Momento de flexión por carga (MD).

$$MD = \frac{WDx l^2}{8} = \frac{1.54 \times 3.60^2}{8} = 2.49 \text{ ton/m.}$$

Para una línea de ruedas de tándem (crítico) y una porción tributaria de la carga de vía de .00m de ancho el momento máximo por sobrecarga vehicular (LL) y con la consideración de un incremento por carga vehicular dinámica.

(IM=0.33) en estado límite de resistencia I.

$$M_{max}(II + IM) = \frac{0.5 \times M_{max} \times 1.33 + M_{carril} \left(\frac{0.30 + 0.49}{3} \right)}{E_{borde}}$$

$$M_{max}(II + IM) = \frac{0.5 \times 13.99 \times 1.33 + 1.512 \left(\frac{0.30 + 0.49}{3} \right)}{1.04} = 9.33 \text{ t - m.}$$

El momento por impacto será:

$$Mi = 2.799 \text{ ton-m}$$

$$\text{Asumiendo } d = 40 \text{ cm}$$

Reemplazando en la expresión general:

$$a = 444.7058824 \text{ As}^2$$

$$b = 151200 \text{ As}$$

$$c = 3115578.7$$

$$As = -22.03355427 \text{ cm}^2 \text{ tomar valor absoluto}$$

Área de acero principal para la viga de borde.

$$As = 22.03355427$$

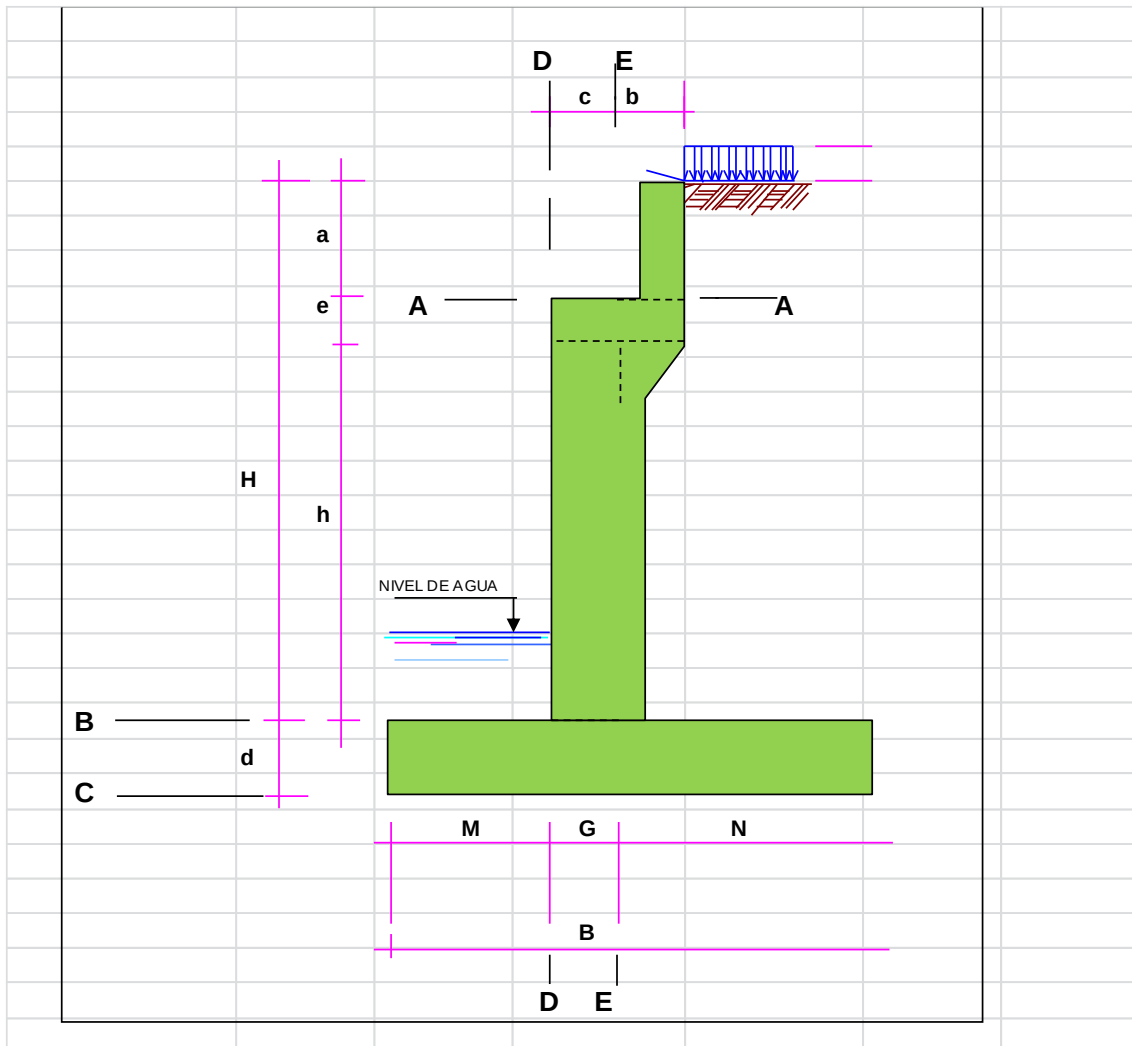
$$\text{Espaciamiento} = 23.14651525 \text{ cm de } 1".$$

IV.4.8. RESULTADOS DISEÑO DE ESTRIBO.

DATOS:

ALTURA DE ZAPATA	(m)	d =	0.4
CAPACIDAD PORT. TERRENO	(Kg/cm ²)	s =	0.87
ANCHO DE PUENTE	(m)	A =	4.5
LUZ DE DISEÑO	(m)	L =	3.6
ALTURA DE ESTRIBO	(m)	H =	2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	(°)	Ø =	12.45
ALTURA EQUIV. DE SOBRECARGA	(m)	h' =	0.6
PESO ESPECIFICO, RELLENO	(Tn/m ³)	g1 =	1.86
PESO ESPECIFICO, CONCRETO	(Tn/m ³)	g2 =	2.4
ANCHO DEL PUNTA DE LA ZAPATA DEL ESTRIBO		M =	0.7
ANCHO DEL TALON DE LA ZAPATA DEL ESTRIBO		N =	2.1
ANCHO DE LA CAJUELA (C = G)		G =	0.3
ALTURA DE LA CAJUELA (A)		a =	0.4
ANCHO DEL MURO SOBRE LA CAJUELA (b)		b =	0.25
ANCHO DE LA CAJUELA (C = G)		c =	0
ALTURA ADICIONAL DE MURO BAJO LA CAJUELA		e =	0.6
		B =	3.1
		h =	1

Figura 20: Diseño de estribo de puente.



A.- ANALISIS AL VOLTEO Y AL DESLIZAMIENTO.

Peso propio puente (por estribo) = 17.4 Tn

P (Tn) = 3.629 Tn

Reacción del puente debido a su propio peso
R1 = 3.86666667 Tn/m

Rodadura - Fuerza horizontal
 $R2 = 0.05 \cdot (960 \cdot L + 8200) \cdot 1 \text{ vía} / (2 \cdot A) = 0.06475556 \text{ Tn/m}$

Reacción por sobrecarga

$$R3 = 1 \text{ vía} * (P * (L - 8.4) / L + 4 * P * (L - 4.2) / L + 4 * P) / A$$

1.61288889 Tn/m

1.-ESTADO : ESTRIBO SIN PUENTE y RELLENO SOBRECARGADO

Empuje del terreno

h	=		2.4
h'	=		0.6
C	=	$\text{TAN}^2(45 - \phi/2)$	0.645299082
E	=	$0.5 * w * h * (h + 2h') * C$	5.185107188
Ev	=	$E * \text{Sen}(\phi/2)$	0.562238689
Eh	=	$E * \text{Cos}(\phi/2)$	5.154534334

Punto de aplicación

Dh	=	$h * (h + 3 * h') / (h + 2 * h') / 3$	0.933333333
----	---	---------------------------------------	-------------

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (tn)		Xi (m)	Mi (tn-m)
P1	0.24		0.825	0.198
P2	0.075		0.783333333	0.05875
P3	0.36		0.825	0.297
P4	0.72		0.85	0.612
P5	2.976		1.55	4.6128
Ps1	-0.011625		0.966666667	-0.0112375
Ps2	-0.12555		0.975	-0.12241125
Ps3	7.998		2.075	16.59585
Ev	0.56223869		1	0.562238689
TOTAL	12.7940637			22.80298994

$$Xv = Miv / Fiv = 1.782310179 \text{ m.}$$

Fuerzas horizontales actuantes.

GF	Pi(tn)		Xi(m)	Mi(tn-m)
Eh	5.15453433		0.933333333	4.810898712

VERIFICACIONES.

Chequeo al volteo

Cálculo del coeficiente de volteo:

$$C_v = M_{iv}/M_{ih} \geq 1.75 = 4.739860742 \text{ ¡BIEN!}$$

Chequeo al deslizamiento:

Cálculo del coeficiente de deslizamiento:

$$C_d = 0.7 \cdot F_{iv}/F_{ih} \geq 1.5 = 1.737469188 \text{ ¡BIEN!}$$

Chequeo de compresiones y tracciones

Cálculo de la excentricidad

$$e = B/2 - (M_{iv} - M_{ih})/F_v = 0.143715674 \text{ M}$$

Cálculo de las presiones máximas y mínimas

$$s_{\text{máx}} = F_{iv} \cdot (1 + 6 \cdot e/B) / (aB) = 1.318778418$$

$$s_{\text{máx}} \leq s_{\text{terreno}} \quad \text{DIMENSIONE NUEVAMENTE EL ESTRIBO}$$

$$s_{\text{máx}} = F_{iv} \cdot (1 - 6 \cdot e/B) / (aB) = 0.744780242$$

$$s_{\text{máx}} \leq s_{\text{terreno}} \quad \text{¡BIEN!}$$

2.-ESTADO : ESTRIBO CON PUENTE y RELLENO SOBRECARGADO

Fuerzas verticales actuantes

	Pi (tn)	Xi (m)	Mi (tn-m)
R1	3.86666667	0.7	2.706666667
R3	1.61288889	0.7	1.129022222
Fv	12.7940637	1.782310179	22.80298994
TOTAL	18.2736192		26.63867883

Fuerzas horizontales actuantes

	Pi(tn)	Xi(m)	Mi(tn-m)
R2	0.06475556	4.2	0.271973333
Eh	5.15453433	0.933333333	4.810898712
TOTAL	5.21928989		5.082872045

VERIFICACIONES.

Chequeo al volteo

Cálculo del coeficiente de volteo:

$$C_v = M_{iv}/M_{ih} \geq 1.75 = 5.240871419 \text{ ¡BIEN !}$$

Chequeo al deslizamiento:

Cálculo del coeficiente de deslizamiento:

$$C_d = 0.7 \cdot F_{iv}/F_{ih} \geq 1.5 = 2.45081874 \text{ ¡ BIEN !}$$

Chequeo de compresiones y tracciones

Cálculo de la excentricidad

$$e = B/2 - (M_{iv} - M_{ih})/F_v = 0.370386564 \text{ m} \quad \text{LA PRESION}$$

MAXIMA SE UBICA EN LA PUNTA

$$\text{COMO } e < B/6 \quad \text{¡ BIEN !}$$

Cálculo de las presiones máximas y mínimas

$$s \quad \text{máx} = F_{iv} \cdot (1 + 6 \cdot e/B) / (aB) = 2.530125857$$

s máx <= s terreno DIMENSIONE
NUEVAMENTE EL ESTRIBO

$$s \quad \text{mín} = Fiv \cdot (1 - 6 \cdot e/B) / (aB) = 0.417232086$$

$$s \quad \text{mín} <= s \quad \text{terreno} \quad \text{¡ BIEN !}$$

B.- CALCULO DE ACERO

a.- ANALISIS DE LA SECCION A-A

1.- Empuje de Terreno

$$h = 0.4 \quad \text{m}$$

$$h' = 0.6 \quad \text{m}$$

$$C = (\text{TAN } (45 - \phi/2))^2 = 0.645299082$$

$$E = 0.5 \cdot w \cdot h \cdot (h + 2h') \cdot C = 0.384082014 \quad \text{Tn}$$

$$E_h = E \cdot \cos (\phi/2) = 0.381817358 \quad \text{Tn}$$

Punto de aplicación de Empuje E_h

$$D_h = (h \cdot (h + 3h') / (h + 2h')) / 3 = 0.183333333 \quad \text{m.}$$

FUERZAS HORIZONTALES ACTUANTES

		Pi (tn)	Xi (m)	Mi (tn-m)
E_h		0.381817358	0.183333333	0.069999985

2.- DISEÑO POR SERVICIO

Verificación del peralte

$$M = 0.069999849 \text{ Tn-m}$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_y = 0.4 \cdot f_y = 1680 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_c = 0.4 \cdot f'_c = 84 \text{ Kg/cm}^2$$

$$r = F_y / F_c = 20$$

$$n = 2100000 / (15000 \cdot (\text{RAIZ}(f'_c))) = 9.660917831$$

$$k = n / (n + r) = 0.325712032$$

$$j = 1 - k/3 = 0.891429323$$

$$H = 25 \text{ cm}$$

d =	RAIZ(2*M*100000/(f'_c*k*j*100))		
d =	1.51528227		
d < H		¡ BIEN !	

3.- DISEÑO POR ROTURA

$$M_u = 1.3 \cdot M_d = 0.090999804 \text{ Tn-m}$$

$$d = 17.5$$

$$A_s = 0.137693299 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 14 \cdot b \cdot d / f_y = 5.833333333 \text{ cm}^2$$

As mín > As
 COMO SE COLOCARA EL ACERO MINIMO
 Entonces consideraremos, As = 5.833333333 cm²

VARILLA No	5	Ø = 5/8"	@	33.9257143	cm
------------	---	----------	---	------------	----

b.- ANALISIS DE LA SECCION B-B

1.- Empuje de Terreno

$$\begin{aligned}
 h &= 2 \text{ M} \\
 h' &= 0.6 \text{ M} \\
 C &= (\tan(45 - \phi/2))^2 = 0.645299082 \\
 E &= 0.5 \cdot w \cdot h \cdot (h + 2h') \cdot C = 3.840820139 \text{ Tn} \\
 E_h &= E \cdot \cos(\phi/2) = 3.818173581 \text{ Tn}
 \end{aligned}$$

Punto de aplicación de Empuje
Eh

$$D_h = (h \cdot (h + 3h') / (h + 2h')) / 3 = 0.791666667 \text{ M}$$

FUERZAS VERTICALES
ACTUANTES

	Pi (tn)		Xi (m)	Mi (tn-m)
P1	0.24		0.125	0.03
P2	0.075		0.083333333	0.00625
P3	0.36		0.125	0.045
P4	0.72		0.15	0.108
R1	3.86666667		0.15	0.58
R3	1.61288889		0.15	0.241933333
TOTAL	6.87455556			1.011183333
Xv = Miv/Fiv =	0.14709072			

FUERZAS HORIZONTALES ACTUANTES

		Pi (tn)	Xi (m)	Mi (tn-m)
	Eh	3.818173581	0.791666667	3.02272075

2.- DISEÑO POR SERVICIO

Verificación del peralte

$$M = 3.022720752 \text{ Tn-m}$$

$$H \text{ (peralte estribo)} = 20 \text{ cm}$$

$$d = \text{RAIZ}(2 * M * 100000 / (f'_c * k * j * 100))$$

$$d = 9.957355327$$

$$d < H \quad \text{¡BIEN!}$$

3.- DISEÑO POR ROTURA

El estribo se diseñará como un elemento a flexo-compresión o a compresión según si la carga resultante caiga fuera o dentro del tercio medio de la sección respectivamente:

Verificando si la resultante cae fuera o dentro del tercio medio de la sección

$$\text{Excentricidad :} \quad e = B/2 - (M_{iv} - M_{ih})/F_v = 0.442606177 \text{ M}$$

$$\text{Excentricidad de referencia:} \quad B/6 = 0.05 \text{ M}$$

Como $B/6 < e$; significa que la resultante cae fuera del tercio medio de la sección por lo tanto el estribo se diseñará a flexo compresión.

Acero vertical Cuerpo :

$$M_u = 1.3 * M_d \quad 3.929536977 \text{ Tn-m}$$

$$d = 20$$

$$A_s = 5.367255729 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ mín}} = 0.0012 * b * d = \text{para varillas de diámetro menor o igual a } 5/8 = 2.4 \text{ cm}^2$$

COMO $A_{s \text{ mín}} < A_s$ SE COLOCARA EL ACERO CALCULADO

$$\text{Entonces consideraremos,} \quad A_s = 5.367255729 \text{ cm}^2$$

VARILLA No5 $\varnothing = 5/8''$ @ 36.87172924 cm El espaciamiento no debe ser mayor de 45 cm.

Acero horizontal:

$$As_{\min} = 0.0020 \cdot b \cdot d = \quad = \quad 4 \quad \text{cm}^2$$

VARILLA No	4		$\varnothing = 1/2''$	@	31.65	cm
------------	---	--	-----------------------	---	-------	----

Acero de repartición:

Acero Vertical

$$As_{\min} = 0.0012 \cdot b \cdot d = \quad = \quad 2.4 \quad \text{cm}^2$$

VARILLA No	4		$\varnothing = 1/2''$	@	52.75	cm
------------	---	--	-----------------------	---	-------	----

Acero horizontal:

$$As_{\min} = 0.0020 \cdot b \cdot d = \quad = \quad 4 \quad \text{cm}^2$$

VARILLA No	4		$\varnothing = 1/2''$	@	31.65	cm
------------	---	--	-----------------------	---	-------	----

c.- ANALISIS DE LA SECCION D-D

Fuerzas verticales actuantes

	Pi(tn)	Xi(m)	Mi(tn-m)
Pdd1	2.9206246	0.35	1.02221861
Pdd2	13.1203887	0.364848485	4.786953952
TOTAL	16.0410133		5.809172562

2.- DISEÑO POR SERVICIO

Verificación del peralte

$$M = \quad 5.809172562 \quad \text{Tn-m}$$

$$H (\text{peralte zapata}) = \quad 30 \quad \text{cm}$$

d =		$\text{RAIZ}(2 \cdot M \cdot 100000 / (f'_c \cdot k \cdot j \cdot 100))$	
d =		13.80391035	
d < H			¡ BIEN !

3.- DISEÑO POR ROTURA

$$\begin{aligned} M_u &= 1.3 \cdot M_d & 7.551924331 \text{ Tn-m} \\ d &= & 30 \\ A_s &= & 6.843189345 \text{ cm}^2 \\ A_{s \text{ mín}} &= 0.0018 \cdot b \cdot d & 5.4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

As mín < COMO As SE COLOCARA EL ACERO CALCULADO
Entonces consideraremos, As = 6.843189345 cm²

VARILLA No 5 $\varnothing = 5/8''$ @ 28.9192641 cm

d.- ANALISIS DE LA SECCION E – E

Fuerzas verticales actuantes

	Pi(tn)		Xi(m)	Mi(tn-m)
Ps1	-0.011625		-0.033333333	0.0003875
Ps2	-0.12555		-0.025	0.00313875
Ps3	7.998		1.025	8.19795
Pz	2.016		1.05	2.1168
TOTAL	7.87245			10.31827625

2.- DISEÑO POR SERVICIO

Verificación del peralte

$$M = 10.31827625 \text{ Tn-m}$$

$$H (\text{peralte zapata}) = 30 \text{ cm}$$

d =		$\text{RAIZ}(2 \cdot M \cdot 100000 / (f'_c \cdot k \cdot j \cdot 100))$	
d =		18.39706602	
d < H			¡ BIEN !

3.- DISEÑO POR ROTURA

$M_u = 1.3 * M_d$ 13.41375913 Tn-m
 $d =$ 30
 $A_s =$ 12.43511177 cm²
 $A_{s \text{ mín}} = 0.0018 * b * d$ 5.4 cm²

$A_{s \text{ mín}} <$
 COMO A_s SE COLOCARA EL ACERO CALCULADO
 Entonces consideraremos, $A_s =$ 12.43511177 cm²

VARILLA No	5		$\emptyset = 5/8''$	@	15.9146137	cm
------------	---	--	---------------------	---	------------	----

ACERO DE REPARTICION

$A_s = 0.002 * b * d \geq 2.64$
 cm²

Para estribo
 $A_s =$ 4 cm²

VARILLA No	5		$\emptyset = 5/8''$	@	49.475	cm
------------	---	--	---------------------	---	--------	----

Para zapata
 $A_s =$ 6 cm²

VARILLA No	5		$\emptyset = 5/8''$	@	32.9833333	cm
------------	---	--	---------------------	---	------------	----

CAPITULO V:

CONCLUSIONES

V.CONCLUSIONES.

1. El proyecto beneficiara 347.69 hectáreas.
3. Es importante realizar el ensayo de corte directo o triaxial para realizar los cálculos de capacidad portante del suelo.
4. Del ensayo de corte directo se obtuvo los datos de la cohesión ($C=0.26\text{kg/cm}^2$.) y el ángulo de fricción interna del suelo ($\phi=18^\circ$) datos que se utilizaron para calcular la capacidad portante del suelo igual a 0.87 kg/cm^2 por método de terzhaghi con un factor de seguridad igual a tres.
5. El estudio topográfico determino que la pendiente promedio para el canal es de 0.0012.
6. La toma principal se ha diseñado con una capacidad de captación de $1.00\text{ m}^3/\text{seg}$.
7. El canal diseñado será revestido con losa de concreto de 7.5 cm. de espesor y concreto de $f'c = 175\text{ Kg/cm}^2$, tendrá sección trapezoidal con capacidades de conducción máxima de $1.00\text{ m}^3/\text{seg}$. con plantilla 0.80 m, talud 1.0 y con $0.5\text{ m}^3/\text{seg}$ con plantilla de 0.50 m, talud de 1.0.
8. Los diseños de obras de arte son típicos que se han utilizado en el valle.
9. Se ha tenido en cuenta las características y especificaciones técnicas realizadas en la remodelación de la infraestructura de riego del valle La Leche por parte del Programa Sub Sectorial de Irrigación (PSI) Ministerio de Agricultura.
10. El presente proyecto genera un impacto ambiental de menor intensidad.
11. Los resultados obtenidos sobre los porcentajes de pérdidas por infiltración del canal en tierra (5.13%) y revestido en concreto (0.38%) indican que el revestimiento del canal con concreto disminuirá las pérdidas por infiltración. Por tanto demuestra la hipótesis de que la ejecución del presente proyecto " DISEÑO DEL SISTEMA DE REGADIO DEL CANAL LAYNES DEL DISTRITO DE JAYANCA, PROVINCIA LAMBAYEQUE, REGION LAMBAYEQUE" mejorará la producción y productividad agrícola de la zona.
12. La ejecución del presente proyecto elevará las eficiencias por captación, conducción distribución y operación mejorando la producción y productividad agrícola de la zona.

CAPITULO VI:

RECOMENDACIONES

VI. RECOMENDACIONES.

1. Cumplir con las Especificaciones Técnicas del Proyecto y las indicadas en los planos.
2. Limpieza, desbroce y eliminación de árboles en forma manual que se encuentra en las bermas del canal y cauce.
3. Se realizara, el replanteo topográfico del canal, obteniendo las cotas del eje (perfil longitudinal), el seccionamiento transversal cada 20 metros, monumentación de BMs. cada 500 m.
4. Reubicar la toma de captación del km 0+000 al km 0+010.80 del canal Laynes, lo que permitirá captar 1.00 m³/seg, así como mejorar el nivel de captación (mayor cota).
5. Humedecimiento de material de relleno durante la extracción, transporte y colocación
6. El material de relleno debe alcanzar la humedad apropiada para luego ser compactado en capas de 0.30m
7. La construcción de obras de arte debe ser paralela con el revestimiento de los canales para optimizar recursos humanos.
8. Capacitar a los agricultores de la junta de regantes sobre la operación y mantenimiento de la infraestructura del canal de regadío Laynes- Santa lucia.
9. Realizar un estudio actualizado sobre análisis de riesgos sobre la construcción del presente proyecto.
10. Realizar estudios de suelos en la zona agrícola que irrigara el canal para que se pueda realizar la zonificación de cultivos en el futuro.

CAPITULO VII:

PROPUESTA

ARQUITECTÓNICA

CAPITULO VII

VII.PROUESTA ARQUITECTÓNICA.

VII.1.PROGRAMACIÓN ARQUITECTÓNICA.

La programación de obra del presente proyecto se realizó utilizando el programa MS PROJET. Con fecha de inicio del proyecto 01-07-2016 y fecha final de 07-10-2016. (Anexo programación de obra).

CAPITULO VIII:

BIBLIOGRAFÍA

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

- . ANA (Autoridad Nacional del Agua Lima, PE) 2013. Sistemas de Adquisición de Datos Hídricos Online, (en línea). Consultado 20 02 2016. Disponible en <http://www.ana.gob.pe/>
- . FAO (Organización de las naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT) 2006. Evapotranspiración del cultivo (en línea). Roma, Italia. Consultado 20 02 2016. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idx56s.pdf>.
- . GRL (Gobierno Regional Lambayeque, PE) 2013. Estudio de precipitación temperatura y Humedad Relativa (en línea). Chiclayo. Consultado 20 02 2016. Disponible en www.regionlambayeque.gob.pe.
- . J.E. Bowles, Engineering properties of soils and their measurements, by McGraw-Hill book Co. 1978, U.S.A.
- . Martínez Marín, R., Marchámalo Sacristán, M., y Velilla Almaraz, L. Topografía Aplicada. Primera Edición 2011. Madrid España. (214pág.)
- . Mendoza Dueñas, J. Topografía Técnicas Modernas. Segunda Edición enero 2015. Lima Perú.
- . M. Villón, Hidráulica de canales, 1ª ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica 1995- 2ª ed. Editorial Villón, Lima. Perú 2007.
- . Ramos Taipe, C .L., Universidad Nacional Agraria La Molina. Diseño de Estructuras Hidráulicas I. Primera Edición julio 2014. Lima Perú. (296pág.)
- . Rodríguez Serquen, A. Puentes con AASHTO LRFD 2010 (2012). (en línea). Perú. Consultado 20 02 2016. Disponible en <http://civilgeeks.com/2013/11/02/diseño-de-puentes-con-aashto-lrfd-2010/>.
- . talleres de mecánica de suelos, Universidad Nacional de Ingeniería, 2006, Perú. Disponible en google. Consultado 20 02 2016.
- . Ven Te Chow, Open Channel Hydraulics, Mc Graw Hill, USA.

CAPITULO IX:

ANEXOS

CAPITULO IX

IX.ANEXOS.

IX.1.ANEXO 01.

IX.1.1.ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

IX.1.2.DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO.

IX.2.ANEXO 02.

IX.2.1.PROGRAMACION DE OBRA.

IX.3.ANEXO 03

IX.3.1.PLANOS TOPOGRÁFICOS.

IX.4.ANEXO 04.

IX.4.1.FOTOGRAFÍAS.