

**PRACTICA EMPRESARIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL INTERCEPTOR
SANITARIO LLANITO CARRIZAL DEL MUNICIPIO DE GIRÓN-SANTANDER**

**“MANUAL PARA CÁLCULO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE
ENTIBADOS EN EXCAVACIONES DE ZANJAS DE GRAN PROFUNDIDAD
PARA OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO”**

Autor: EDGAR EDUARDO PARRA GÓMEZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2011**

**PRACTICA EMPRESARIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL INTERCEPTOR
SANITARIO LLANITO CARRIZAL DEL MUNICIPIO DE GIRÓN-SANTANDER**

**“MANUAL PARA CÁLCULO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE
ENTIBADOS EN EXCAVACIONES DE ZANJAS DE GRAN PROFUNDIDAD
PARA OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO”**

Autor: EDGAR EDUARDO PARRA GÓMEZ

Tesis para optar al título de
Ingeniero Civil.

Modalidad:
Practica Empresarial

Director de Proyecto:
Ing. Wilfredo del Toro.
Docente Escuela de Ingeniería Civil

Director de la Práctica:
Jaime Morales Morales.
Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÓNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

AGRADECIMIENTOS

Este importante paso de mi vida quiero agradecersele y dedicárselo a mi madre, gran compañera y amiga durante el transcurso de mi vida.

De igual manera quiero agradecerles a mi Padre, a mi tío Edgar, a mis tías Elsa y Marleny, a mi nona Elda, a mi nono Pedro, a Hernando Luna, y a toda mi familia que me ha brindado apoyo constante e incondicional. Son motores de fuerza en mi camino de vida.

Agradezco a las personas que me acompañaron en el transcurso de este proyecto, a mis directores de grado, el Ing. Wilfredo del Toro, el Ing. Jaime Morales y al Ing. Dennis Alvarez Bayona que me abrió las puertas de la empresa para realizar las prácticas empresariales. Quiero agradecerle a la ing. Yajaira Cardenas por hacer un seguimiento constante y ser motivadora en la realización de mi proyecto.

A mis amigos y amigas que son parte fundamental en esta bella etapa de la vida, gracias por los momentos y alegrías compartidas.

TABLA DE CONTENIDO

	Pagina
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I: BENEFICIOS DEL ENTIBADO	17
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. PRESIONES LATERALES	20
2.1.1. PRESIÓN ACTIVA DE TIERRA	20
2.1.1.1. Profundidad de grieta de tensión	23
2.1.1.2. Profundidad Máxima teórica de excavación vertical sin contención	24
2.2. PRESIONES LATERALES EN EXCAVACIONES ENTIBADAS	26
2.2.1. ENVOLVENTES DE PRESIÓN PARA EL DISEÑO DE EXCAVACIONES ENTIBADAS	27
2.2.1.1. Envoltentes de presión para excavaciones en arena	27
2.2.1.2. Envoltentes de presión para excavaciones en Arcilla blanda y media	28
2.2.1.3. Envoltentes de presión para excavaciones en Arcilla firme	28
2.2.2. EXCAVACIONES EN SUELOS ESTRATIFICADOS	29
2.2.2.1. Suelos estratificados de arcilla y arena	29
2.2.2.2. Suelos estratificados con diferentes tipos de arcilla	29
CAPITULO III: TIPOS DE ENTIBADOS	31
3.1. ENTIBADO CONVENCIONAL EN MADERA O MIXTO	33
3.1.1. ENTIBADO LIGERO	34

3.1.1.1. Proceso Constructivo	35
3.1.2. ENTIBADO DISCONTINUO	36
3.1.2.1. Proceso Constructivo	38
3.1.3. ENTIBADO CONTINUÓ	39
3.1.3.1. Proceso Constructivo	40
3.1.4. SECUENCIA DE ENTIBADO DE ZANJA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA	41
3.1.5. TIPO DE ENTIBADO EN FUNCIÓN DE LA CLASE DE SUELO Y DE LA SOLICITACIÓN	43
3.2. TABLESTACADOS CON PUNTALES	43
3.2.1. PROCESO CONSTRUCTIVO	45
3.2.2. SECUENCIA DE TABLESTACADO APUNTALADO EN ZANJA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA	46
3.3. SOLDIERS BEAMS	48
3.3.1. PROCESO CONSTRUCTIVO	49
3.3.2. SECUENCIA DE SOLDIER BEAMS EN ZANJA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA	49
3.4. MICROPILOTES CON PUNTALES	51
3.4.1. PROCESO CONSTRUCTIVO	53
3.4.2. SECUENCIA DE MICROPILOTES APUNTALADOS EN ZANJA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA	55
CAPITULO IV: TECNOLOGÍAS DE EMPRESAS ESPECIALIZADAS EN ENTIBADOS	57
4.1. ENTIBACIÓN CON CAJONES DE BLINDAJE	58
4.2. ENTIBACIÓN CON DOBLE GUÍA Y SISTEMA MONOCODAL DE PATINES	61
4.3. CÁMARAS Y TABLESTACAS	63
4.4. ENTIBADORA HIDRÁULICA PRESSBOX	64

CAPITULO V: RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS	68
5.1. RECOMENDACIONES ANTES DE EMPEZAR LA OBRA	68
5.2. RECOMENDACIONES DURANTE LA OBRA	70
CAPITULO VI: DISEÑO DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ENTIBADO	75
6.1. DISEÑO DE PUNTALES	76
6.1.1. CALCULO DE LA CARGA DE LOS PUNTALES	76
6.1.2. DISEÑO DE LOS PUNTALES	78
6.1.2.1. Diseño a compresión en maderas	78
6.1.2.2. Diseño a compresión en Acero	81
6.2. DISEÑO DE TABLESTACAS	83
6.3. DISEÑO DE LARGUEROS	84
6.4. TABLAS DE PROPIEDADES DE SECCIONES EN MADERA Y ACERO	86
6.4.1. SECCIONES EN MADERA	86
6.4.2. SECCIONES METÁLICAS	87
CONCLUSIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1.1. Beneficios del Entibado.	18
Figura 2.1. Movimiento del terreno en Cuña.	21
Figura 2.2. Variación de Presión Activa con la profundidad.	22
Figura 2.3. Angulo de inclinación del terreno.	22
Figura 2.4. Presión Activa Interna con Sobrecarga.	23
Figura 2.5. Altura máxima de excavación sin contención.	24
Figura 2.6. Altura Crítica con Sobrecarga a $d > H_s$.	25
Figura 2.7. Altura Crítica con Sobrecarga a $d > H_s$.	26
Figura 2.8. Deformación en muros de contención y en Entibados.	27
Figura 2.9. Envoltente de Presión Aparente en cortes en arena.	27
Figura 2.10. Envoltente de Presión Aparente en cortes en arcilla blanda y medias.	28
Figura 2.11. Envoltente de Presión Aparente en cortes en arcilla firmes.	28
Figura 2.12. Suelos estratificados en excavaciones entibadas.	30
Figura 3.1. Elementos que conforman el entibado.	33
Figura 3.2. (a) Vista lateral y (b) vista isométrica de Entibado ligero.	35
Figura 3.3. (a) Vista lateral y (b) vista isométrica de Entibado Discontinuo.	37
Figura 3.4. Sección Longitudinal y transversal del empalme del entibado Discontinuo.	38
Figura 3.5. (a) Vista lateral y (b) vista isométrica de Entibado Continuo.	39
Figura 3.6. Sección Longitudinal y transversal del empalme del entibado Continuo.	41

Figura 3.7. Secuencia de entibado de zanja para instalación de tubería.	42
Figura 3.8. Sección transversal y en planta de tablestacado apuntalado.	41
Figura 3.9. Secciones Metálicas de Tablestacas.	41
Figura 3.10. Detalle de unión de la tablestaca con el larguero y el puntal.	45
Figura 3.11. Secuencia de tablestacado apuntalado en zanja para instalación de tubería.	46
Figura 3.12. Sección transversal, en planta y en perfil de Sodiers Beam.	48
Figura 3.13. Secuencia de Soldiers Beams en zanja para instalación de tubería.	49
Figura 3.14. Secciones transversales de micropilotes.	52
Figura 3.15. Proceso Constructivo de micropilotes.	53
Figura 3.16. Sección transversa, planta y perfil de Micropilotes apuntalados.	54
Figura 3.17. Secuencia de Micropilotes apuntalados en zanja para instalación de tubería.	55
Figura 4.1. Sección de cajones con Blindaje.	59
Figura 4.2. Secuencia de Entibado con Cajones de Blindaje.	60
Figura 4.3. Sección de Entibación con doble guía y sistema Monocodal de patines.	61
Figura 4.4. Secuencia de Entibación con doble guía y sistema Monocodal de patines.	62
Figura 4.5. Sección de cámaras y Tablestacas.	63
Figura 4.6. Secuencia de Entibación con cámaras y Tablestacas.	64
Figura 4.7. Sección de Entibado Hidráulico Pressbox.	65
Figura 4.8. Secuencia de Entibado Hidráulico Pressbox.	66
Figura 4.9. Sistemas de Entibados Especiales.	67
Figura 5.1. Entorno y condiciones de las excavaciones.	69

Figura 5.2. Elementos de protección en las excavaciones.	70
Figura 5.3. Elementos de protección personal para trabajos en excavaciones.	71
Figura 5.4. Protección del talud evitando sobrecargas en el borde de la zanja.	73
Figura 5.5. Sobrecargas y vibraciones próximas a la zanja.	73
Figura 6.1. Elementos que conforman el entibado.	75
Figura 6.2. Diagrama de presiones para diseño de los puntales.	77
Figura 6.3. Calculo de $M_{m\acute{a}x}$ para el diseño de tablestacas.	83
Figura 6.4. Calculo de $M_{m\acute{a}x}$ para el diseño Largueros.	84

LISTA DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1: Anchos para zanja en función de la tubería.	34
Tabla 2: Secciones y espaciamientos máximos para entibado ligero.	35
Tabla 3: Secciones y espaciamientos máximos para entibado Discontinuo.	37
Tabla 4: Secciones y espaciamientos máximos para entibado Discontinuo.	40
Tabla 5: Tipo de entibado en función del suelo y las solicitaciones.	43
Tabla 6: Esfuerzos admisibles para diferentes tipos de madera.	80
Tabla 7: Propiedades de secciones de madera.	86
Tabla 8: propiedades de secciones IPN.	87
Tabla 9: propiedades de secciones HEB.	88
Tabla 10: propiedades de secciones de tablestacas Tipo U.	89
Tabla 11: propiedades de secciones de tablestacas Tipo Z.	90

LISTA DE ANEXOS

	Pagina
ANEXO 1. DISEÑO DE ENTIBADOS UTILIZANDO EL PROGRAMA	94
Ejercicio 1	94
Ejercicio 2	97
Ejercicio 3	100
ANEXO 2. PRACTICA EMPRESARIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL INTERCEPTOR SANITARIO LLANITO CARRIZAL DEL MUNICIPIO DE GIRÓN-SANTANDER	103

RESUMEN

TITULO: PRACTICA EMPRESARIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL INTERCEPTOR SANITARIO LLANITO CARRIZAL DEL MUNICIPIO DE GIRÓN-SANTANDER

“MANUAL PARA CÁLCULO Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE ENTIBADOS EN EXCAVACIONES DE ZANJAS DE GRAN PROFUNDIDAD PARA OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO”*

AUTOR: EDGAR EDUARDO PARRA GÓMEZ**

PALABRAS CLAVES: Excavación, Entibado, puntales, Largueros, Tablestacas, Presión lateral, talud, Alcantarillados.

CONTENIDO:

En el proceso constructivo de redes de alcantarillados uno de los objetivos finales es la instalación de la tubería y estructuras que permitan su inspección y mantenimiento (pozos de inspección). El desarrollo de estas obras en las grandes ciudades cuenta con muy poco espacio debido a las estructuras cercanas a la zanja, al tráfico vehicular y a las redes de servicios que se encuentran en el subsuelo, los cuales hacen que el trabajo de instalación de estas redes deba ser manejado de manera rápida, eficaz, cumpliendo todas las normas técnicas y de seguridad.

Los taludes verticales en las excavaciones de zanjas de gran profundidades (mayores a 4 m) realizados para la instalación de las redes de alcantarillado deben ser soportados por sistemas de contención, como los entibados, los cuales brinden ante todo, seguridad a los trabajadores dentro de estas zanjas, y además protejan las estructuras que se encuentren adyacentes a la obra.

Para lograr un buen resultado de los entibados es necesario hacer análisis del comportamiento del terreno y de las presiones laterales que se puedan llegar a crear, para hacer el diseño apropiado de los sistemas de contención, además se debe tener un excelente proceso constructivo en las Excavaciones y en la instalación de los Entibados.

En esta tesis se mostrará el diseño, los tipos de entibados, sus recomendaciones y tipos de sistemas constructivos que se deben llevar a la hora de contener una zanja, teniendo en cuenta recomendaciones de seguridad y prevención de riegos.

También se desarrollo una herramienta de diseño (hoja de cálculo) de entibados en madera y metálicos, que facilite el cálculo de los elementos principales que conforman esta contención.

* Proyecto de grado

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Ing. Wilfredo del Toro Rodríguez. Codirector Ing. Jaime Morales Morales.

ABSTRACT

TITLE: INTERNSHIP AT THE CONSTRUCTION OF LLANITO – CARRIZAL SANITARY INTERCEPTOR IN GIRÓN – SANTANDER.

“HANDBOOK FOR CALCULATION AND CONSTRUCTIVE PROCEDURE OF TIMBERINGS IN DEEP TRENCHES FOR BASIC SANITATION PURPOSES”*

AUTHOR: EDGAR EDUARDO PARRA GÓMEZ**

KEY WORDS: Excavation, Timbering, Struts, Stringers, Sheet piles, Lateral pressure, Slope, Sewerage.

CONTENT:

In the construction process of sewerages one of the ultimate goals is the installation of pipes and structures that allow inspection and maintenance (manholes). Carrying out these tasks in big cities requires the installation work must be handled quickly, efficiently, and meeting all technical and safety standards since there is very limited space due to structures near the trench, vehicular traffic and utility networks located in the subsoil.

The vertical slopes in excavations of deep trenches (greater than 4 m) made for the installation of sewerages must be supported by retaining systems as Timberings, which primarily provide security to workers inside these trenches, and also protect surrounding structures to the excavation.

To achieve a good Timbering performance is necessary to analyze the behavior of the ground and the lateral pressures that can be created to make the appropriate design of the retaining system; also the Timbering must have an excellent construction process, mainly excavation and installation tasks.

This thesis shows the design, types, recommendations, and buildup systems that must be included when containing a trench, taking into account safety regulations and prevention of risks.

It also developed a design tool (spreadsheet) Timberings wood and metal, that facilitates the calculation of the main elements that make up this retaining.

* Degree project

**Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Eng. Wilfredo del Toro Rodriguez. Codirector: Eng. Jaime Morales Morales.

INTRODUCCIÓN

En la instalación de redes de alcantarillado muchas veces es necesario realizar excavaciones de zanjas de gran profundidad para poder cumplir con los requerimientos de diseño y evacuar las aguas negras y lluvias de manera satisfactoria. Estas excavaciones se desarrollan dentro de las ciudades, donde se cuenta con espacios reducidos y se debe trabajar de manera eficiente y segura para evitar complicaciones mayores durante la ejecución de la obra.

Un gran porcentaje de accidentes en la construcción se deben a los trabajos realizados dentro de zanjas que no cuentan con sistemas de contención. Estas prácticas de construcciones riesgosas se deben cambiar y crear hábitos de seguridad dentro de nuestra ingeniería, para evitar sucesos trágicos y pérdidas de vidas humanas. Los entibados son una forma óptima de realizar este tipo de obras, sin poner en peligro la vida de los trabajadores y la estabilidad de estructuras vecinas.

En este manual hablaremos del diseño de los entibados dependiendo del tipo de suelo y solicitaciones, los sistemas convencionales de contención, sistemas especiales de entibados creados por empresas especializadas y recomendaciones mínimas de seguridad. Todo esto garantiza una buena ejecución de la obra y procesos constructivos confiables para las personas que trabajan en este campo. Además se programó una hoja de cálculo en la que se puede realizar el diseño de entibados de Madera, con Tablestacas y con Soldiers Beams.

CAPITULO I: BENEFICIOS DEL ENTIBADO

En el proceso constructivo de redes de alcantarillados uno de los objetivos finales es la instalación de la tubería y estructuras que permitan su inspección y mantenimiento (pozos de inspección). Cuando el desarrollo de estas obras son en las grandes ciudades, se cuenta con muy poco espacio debido al tráfico vehicular, que puede causar grandes congestiones cuando se hace un cierre parcial o total de la vía, a edificaciones y estructuras cercanas a las zanjas que pueden verse afectadas con las excavaciones, a las redes de servicios públicos que se encuentran en el subsuelo como agua, gas, teléfono, entre otros problemas, los cuales hacen que el trabajo de instalación de esta redes deba ser manejado de manera rápida, eficaz, cumpliendo todas las normas técnicas y de seguridad.

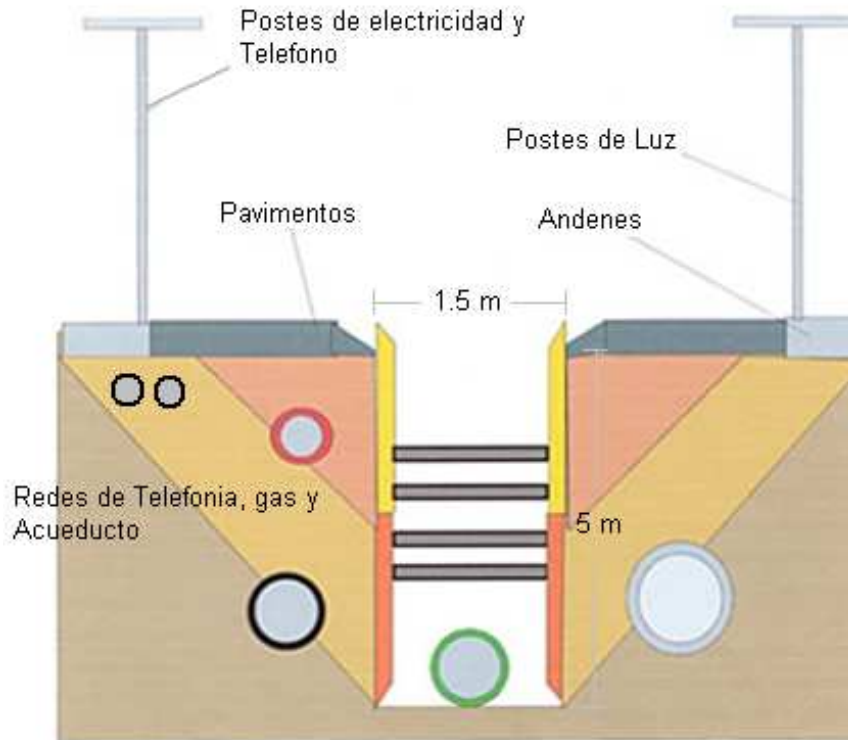
Realizar excavaciones profundas tiene altos riesgos si no se manejan adecuadamente estos procesos, debido a esto, se propone el entibado como una estructura de contención que garantiza de manera efectiva la seguridad de las personas, de la obra y de las estructuras adyacentes a esta. Los beneficios de utilizar entibados se muestran a continuación.

- **REDUCCIÓN EN EXCAVACIONES, ACARREOS Y RELLENOS**

Cuando se trata de dar estabilidad a una excavación por medio de la pendiente del talud, es necesario hacer grandes remociones de tierra que implican altos costos en maquinaria como retroexcavadoras. Muchas veces estas obras se realizan en zonas donde se cuenta con poco espacio y debido a las grandes profundidades de excavación (más de 4 m) no es posible hacer anchos de zanja para darle el declive al talud.

Los grandes movimientos de tierra necesitan una cantidad considerable de acarreos a la hora de la excavación y al momento de rellenar la zanja. Si esto se traduce en dinero, es un factor representativo que se podría mejorar si los taludes son contenidas con entibados en donde solo sería necesario excavar un ancho mínimo para instalar la tubería.

Figura 1.1. Beneficios del Entibado



Fuente: Entibado Corporación

- REDUCCIÓN EN DEMOLICIONES Y REPOSICIONES DE PAVIMENTOS, SARDINELES, ANDENES Y ZONAS VERDES

En estas obras es necesaria la demolición y posterior reposición de estructuras como pavimentos, andenes y demás, que se interceptan con el alineamiento de la red de alcantarillado, siendo lo más favorable para la obra que se intervenga la menor área posible.

- REDUCCIÓN EN REPARACIÓN DE REDES DE SERVICIOS PÚBLICOS

Algo muy común a la hora de las excavaciones es el daño de redes de servicios públicos, como agua, luz, teléfono, que se encuentran enterradas en el suelo a pequeña o mediana

profundidad. Este tipo de problemas además de causar gastos para el contratista, crea inconvenientes con la comunidad la cual se ve afectada al quedar temporalmente sin estos servicios.

- **MAYOR SEGURIDAD PARA LAS PERSONAS QUE TRABAJAN EN LA ZANJA**

Un factor muy importante es la seguridad de los ayudantes de construcción que se encuentran un alto porcentaje de tiempo dentro de las zanjas realizando labores de replanteo, instalación de tubería y compactación de rellenos. Debe ser muy importante para la empresa que los trabajadores tengan sensación de seguridad al momento de ejecutar sus labores para que no disminuya el rendimiento. En caso de un accidente por derrumbes la parte humana es lo más importante, además de los inconvenientes que tiene que asumir el contratista por negligencia, los cuales son cifras millonarias dependiendo de la incapacidad del trabajador, o en el peor de los casos si ocurriese su muerte.

- **EVITAR MULTAS Y GASTOS LEGALES DEBIDO A DAÑOS DE ESTRUCTURAS VECINAS**

Otro gran problema que se podría presentar es la afectación de estructuras vecinas, debido a los trabajos de excavaciones realizadas sin tener las debidas precauciones y medidas técnicas. En el caso que se demuestre que el contratista no tomó las debidas precauciones, este tendría que asumir los daños causados a terceros.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. PRESIONES LATERALES

Los taludes verticales en las excavaciones de zanjas de gran profundidades (mayores a 4 m) realizados para la instalación de las redes de alcantarillado deben ser soportados por sistemas de contención, como los entibados, los cuales brinden ante todo, seguridad a los trabajadores dentro de estas zanjas, y además protejan las estructuras que se encuentren adyacentes a la obra. Debido a esto es importante un análisis del comportamiento del terreno y de las presiones laterales que se puedan llegar a crear, para hacer el diseño apropiado de las estructuras de contención.

2.1.1. PRESIÓN ACTIVA DE TIERRA

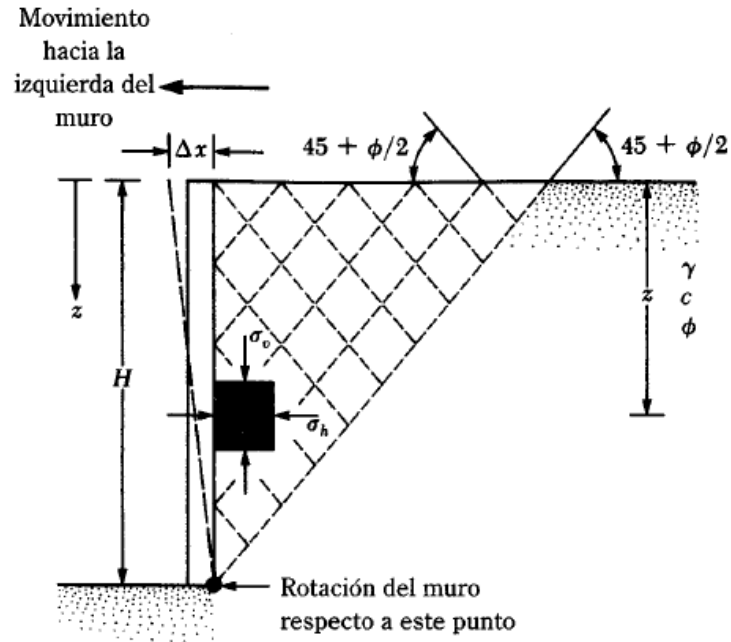
El empuje es la reacción de la tierra ejercida sobre una estructura. El empuje de tierras depende de numerosos factores de compleja determinación que inclusive no son constantes en el tiempo. Los principales factores son:

- a) Rugosidad e inclinación de la superficie en contacto con el suelo.
- b) Rigidez y deformación de la estructura y de su fundación.
- c) Densidad, ángulo de fricción interna, humedad, cohesión, nivel freático e inclinación del terraplén.
- d) Factores externos al terreno y a la estructura, como lluvias, sobrecargas, vibraciones, etc.

El análisis de los empujes sobre las estructuras de contención es un tema complejo, que requiere de simplificaciones para su consideración en los cálculos de proyecto, en donde no solamente interesan las fuerzas actuantes sobre el entibado, sino también el estado limite de cargas cuando ocurra la falla en el terreno.

Para nuestro análisis utilizaremos la teoría de Rankine de presión activa, en la cual, si un muro tiende a moverse alejándose del suelo una distancia Δx (figura 2.1.), se crea una cuña de falla con un ángulo de $(45 + \phi/2)$.

Figura 2.1. Movimiento del terreno en Cuña.



Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja Das

Por medio de la ecuación de Esfuerzos Principales del Círculo de Mohr se puede llegar a:

$$\sigma_a = \sigma_v K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad (2.1)$$

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2) , \quad \sigma_v = \gamma z \quad (2.2)$$

Donde,

σ_a = Presión Activa de Rankine, [ton/m²]

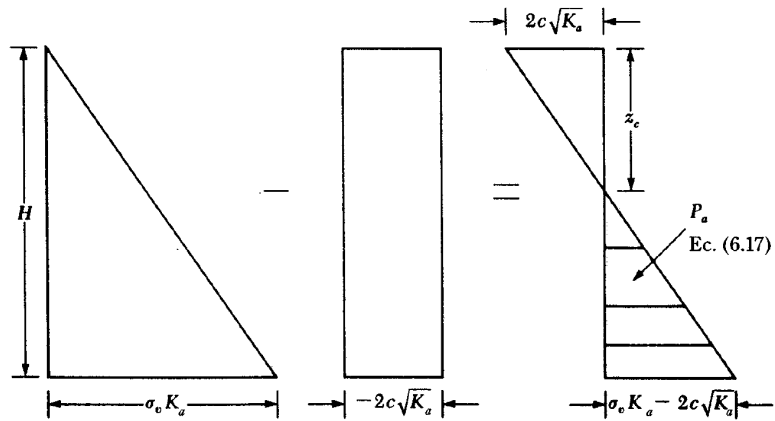
σ_v = esfuerzo vertical, [ton/m²]

K_a = Coeficiente de Presión Activa de Rankine

$c = \text{Cohesión, [ton/m}^2\text{]}$
 $\phi = \text{ángulo de fricción, [grados]}$
 $\gamma = \text{Peso Especifico, [ton/m}^3\text{]}$
 $z = \text{profundidad, [m]}$

La variación de Esfuerzos con la profundidad queda de la siguiente manera:

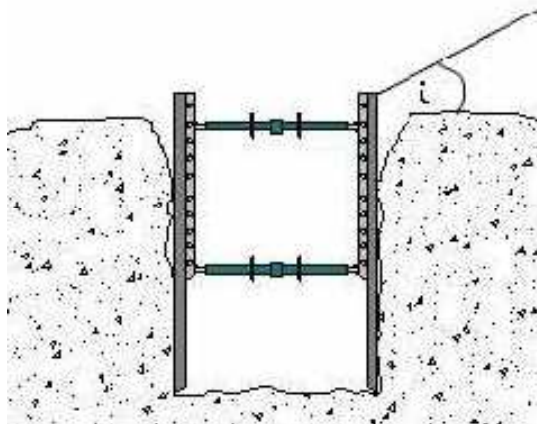
Figura. 2.2. Variación de Presión Activa con la profundidad.



Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja Das.

El Coeficiente de presión activa K_a (Ec.2.2) es utilizado en los casos donde el ángulo de inclinación i del terreno se aproxime a cero (terreno plano).

Figura 2.3. Angulo de inclinación del terreno.



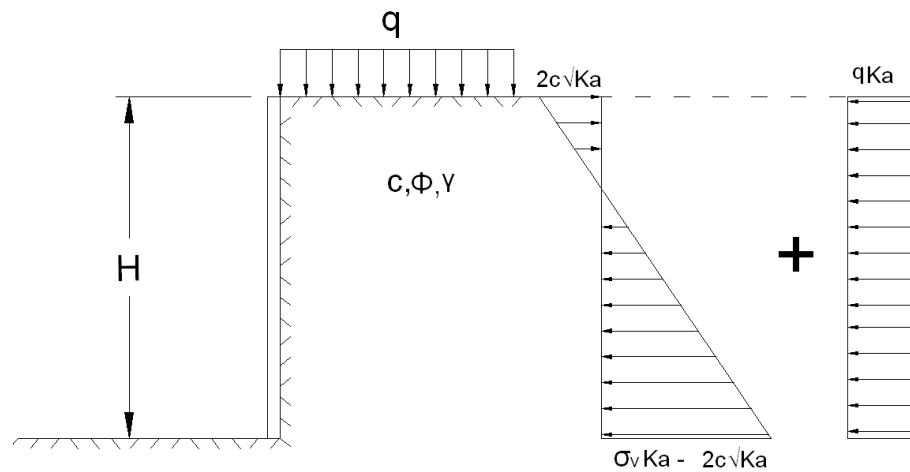
Fuente: "calculo y diseño de entibaciones para excavaciones en profundidad", Valladares, 2005.

Cuando adyacente a la zanja se encuentre una sobrecarga, ésta afecta los esfuerzos horizontales internos los cuales se expresan de la siguiente manera.

$$\sigma_a = \sigma_v K_a - 2c\sqrt{K_a} + qK_a \quad (2.3)$$

La Sobrecarga q se transforma en esfuerzos horizontales al multiplicarla por el coeficiente de presión activa K_a .

Fig. 2.4. Presión Activa Interna con Sobrecarga.



2.1.1.1. Profundidad de grieta de tensión

Podemos observar que el suelo se encuentra en tensión hasta la profundidad Z_c la cual se llama profundidad de grieta de tensión. La presión activa cuando $Z = Z_c$ será igual a cero ($\sigma_a = 0$)

$$\sigma_a = \gamma z K_a - 2c\sqrt{K_a} = 0 \quad (2.4)$$

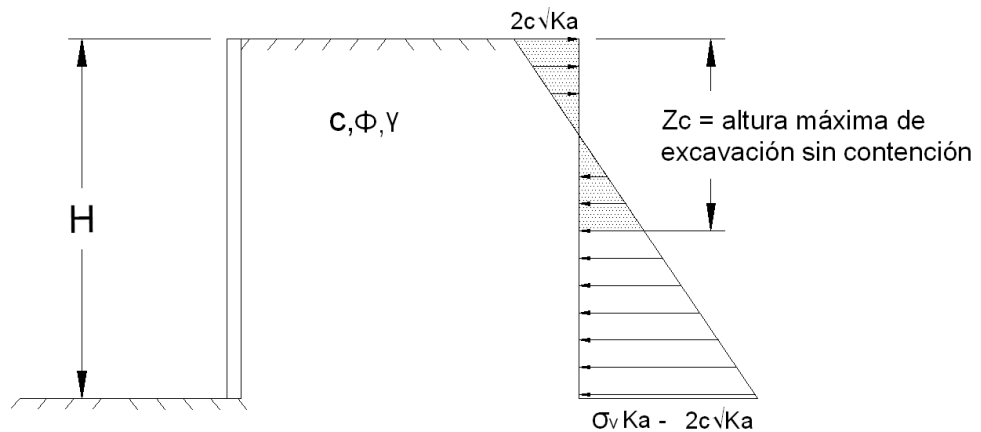
$$z_c = \frac{2c\sqrt{K_a}}{\gamma K_a}, \text{ Profundidad de grieta de tension} \quad (2.5)$$

2.1.1.2. Profundidad Máxima teórica de excavación vertical sin contención

- Propuesta por Rankine

$$z_c = \frac{4c\sqrt{K_a}}{\gamma K_a} \quad (2.6)$$

Figura 2.5. Altura máxima de excavación sin contención.



Estas profundidades pueden ser controladas por medio de factores de seguridad (*F.S.*) entre 1.1 y 2.

- La norma Chilena *NCh349.Of1999: Construcción – Disposiciones de seguridad en excavación*, propone un H_c que corresponde a la máxima altura que se puede excavar en forma vertical sin entibación, para excavaciones superiores a los 1.2 m de profundidad, donde el terreno sea Cohesivo.

Esta altura crítica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H_c = 1.3 \frac{qu}{\gamma} \quad (2.7)$$

Donde,

q_u = corresponde a la resistencia al corte de una muestra inalterada de suelo en el ensayo de compresión simple (monoaxial), $[\text{kg}/\text{m}^2]$

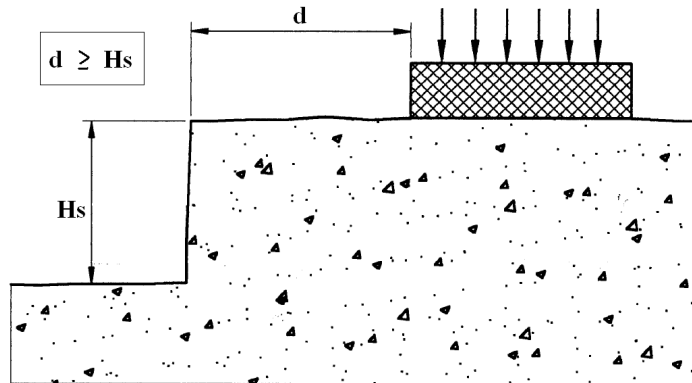
γ = corresponde a la densidad natural del terreno, $[\text{kg}/\text{m}^3]$

Si le aplicamos factores de seguridad,

$$H_s = \frac{H_c}{F.S.} \quad (2.8)$$

Esta fórmula tiene validez sólo si cualquier sobrecarga al borde de la excavación se encuentra a una distancia (d) del borde superior a la profundidad de ella (H_s). (Figura 2.6)

Figura. 2.6. Altura Crítica con Sobrecarga a $d > H_s$.



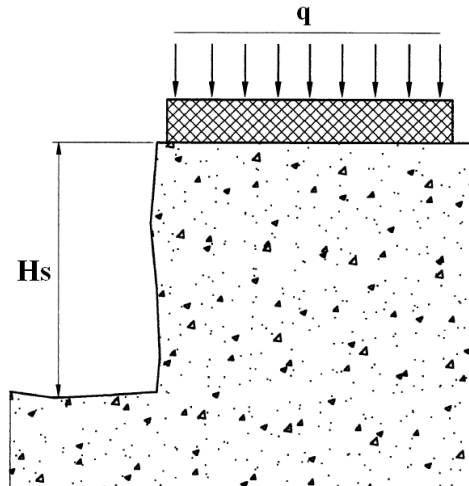
Fuente: NCh349.Of1999: Construcción – Disposiciones de seguridad en excavación.

Cuando exista sobrecarga al borde de la excavación, la expresión de la H_c debe ser corregida y la altura crítica queda como:

$$H_c = \frac{1.3q_u - q}{\gamma} \quad (2.9)$$

q = corresponde a la sobrecarga uniformemente repartida, $[\text{kg}/\text{m}^2]$, (figura 1.7)

Figura 2.7. Altura Crítica con Sobrecarga a $d > H_s$.



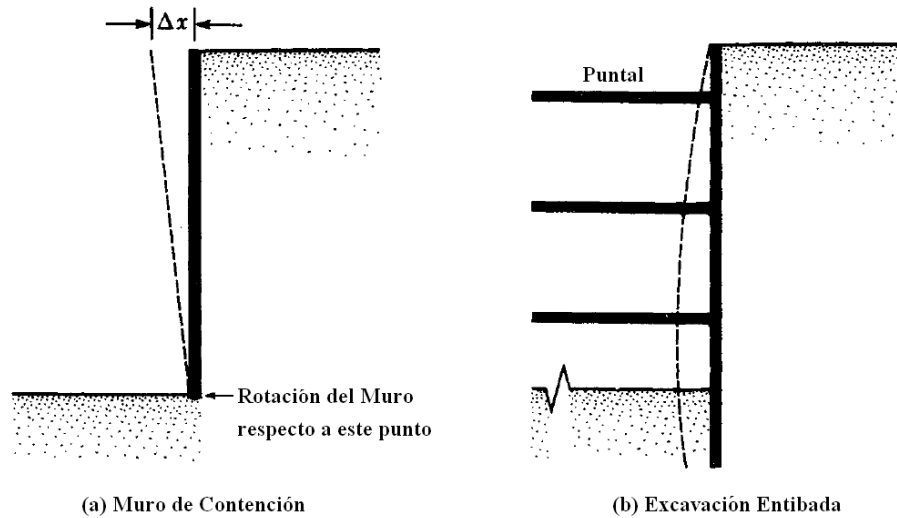
Fuente: NCh349.Of1999: Construcción – Disposiciones de seguridad en excavación.

2.2. PRESIONES LATERALES EN EXCAVACIONES ENTIBADAS

Las excavaciones de zanjas para alcantarillados son una actividad transitoria, que tiene como finalidad primordial la instalación de la tubería para transportar las aguas negras. Las zanjas deben contar con una estabilidad suficiente para la realización de los trabajos dentro de ésta, siendo el entibado una opción con muy buenos resultados si se diseñan para las presiones laterales que deben soportar, y además, si se lleva un sistema constructivo adecuado.

El análisis de las presiones laterales con entibados no se hará de la misma forma que en los muros, en los cuales se considera un desplazamiento Δx (figura 2.8.) y una rotación con respecto al pie (base) del muro. En el caso de los entibados, el terreno tiende a deformarse diferente con respecto a la profundidad. Debido a esto, el análisis de las presiones se realizará con *envolventes de presión de diseño* empíricas desarrolladas por Peck para excavaciones en arena y arcilla.

Figura 2.8. Deformación en muros de contención y en Entibados.

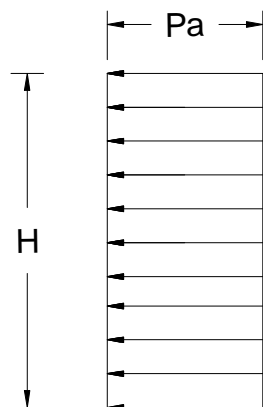


Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja Das.

2.2.1. ENVOLVENTES DE PRESIÓN PARA EL DISEÑO DE EXCAVACIONES ENTIBADAS

2.2.1.1. Envolventes de presión para excavaciones en arena

Figura 2.9. Envolvente de Presión Aparente en cortes en arena.



$$p_a = 0.65\gamma HK_a \quad (2.10)$$

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2) \quad (2.11)$$

K_a = Coeficiente de Presión Activa de Rankine

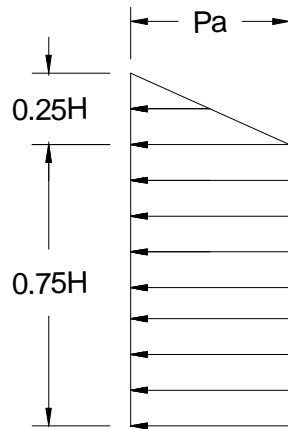
γ = Peso Especifico, [ton/m³]

H = Altura de la excavación, [m]

ϕ = ángulo de fricción, [grados]

2.2.1.2. Envoltentes de presión para excavaciones en Arcilla blanda y media

Figura 2.10. Envoltente de Presión Aparente en cortes en arcilla blanda y medias.



Esta envoltente de presión es aplicable cuando:

$$\frac{\gamma H}{c} > 4 \quad (2.12)$$

Donde c = Cohesión No drenada ($\Phi=0$)

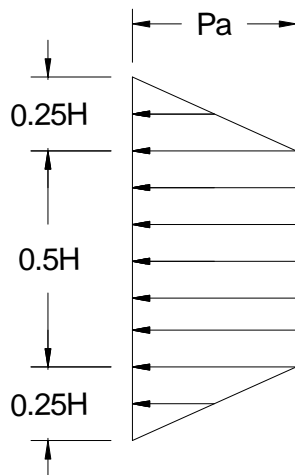
La presión p_a sera la mayor de:

$$p_a = \gamma H \left[1 - \frac{4c}{\gamma H} \right] \quad (2.13)$$

$$p_a = 0.3\gamma H \quad (2.14)$$

2.2.1.3. Envoltentes de presión para excavaciones en Arcilla firme

Figura 2.11. Envoltente de Presión Aparente en cortes en arcilla firmes.



Esta envoltente de presión es aplicable cuando:

$$\frac{\gamma H}{c} \leq 4 \quad (2.15)$$

Donde c = Cohesión No drenada ($\Phi=0$)

$$p_a = 0.2\gamma H \text{ a } 0.4\gamma H \quad (2.16)$$

(con promedio de $0.3\gamma H$)

2.2.2. EXCAVACIONES EN SUELOS ESTRATIFICADOS

2.2.2.1. Suelos estratificados de arcilla y arena

En los casos de excavaciones donde se encuentran estratos de arcilla y arena (figura 2.12.a), Peck (1943) propuso determinar un valor equivalente de la cohesión ($\Phi=0$) de la siguiente manera:

$$c_{prom} = \frac{1}{2H} [\gamma_s K_s H_s^2 \tan \phi_s + (H - H_s) n' q_u] \quad (2.17)$$

Donde,

H = altura total del corte, [m]

γ_s = Peso Especifico de la arena, [ton/m³]

H_s = altura del estrato de la arena, [m]

K_s = Coeficiente de Presion lateral de la tierra para el estrato de arena (≈ 1)

ϕ_s = ángulo de fricción de la arena, [grados]

q_u = resistencia a la compresión no confinada de la arcilla, [ton/m²]

n' = Coeficiente de falla progresiva (varia de 0.5 a 1; valor promedio 0.75)

El peso especifico promedio, γ_a , de los estratos se expresa como:

$$\gamma_a = \frac{1}{H} [\gamma_s H_s + (H - H_s) \gamma_c] \quad (2.18)$$

Donde, γ_c = peso especifico saturado del estrato de arcilla

Después de haber determinado los valores de la cohesión y del peso especifico, utilizamos las ecuaciones de **las envolventes de presión para excavaciones en arcillas.**

2.2.2.2. Suelos estratificados con diferentes tipos de arcilla

En los casos donde se encuentran varios estratos de arcilla en la excavación (figura 2.12.b) la cohesión no drenada promedio es:

$$c_{prom} = \frac{1}{H} [c_1 H_1 + c_2 H_2 + \dots + c_n H_n] \quad (2.19)$$

Donde,

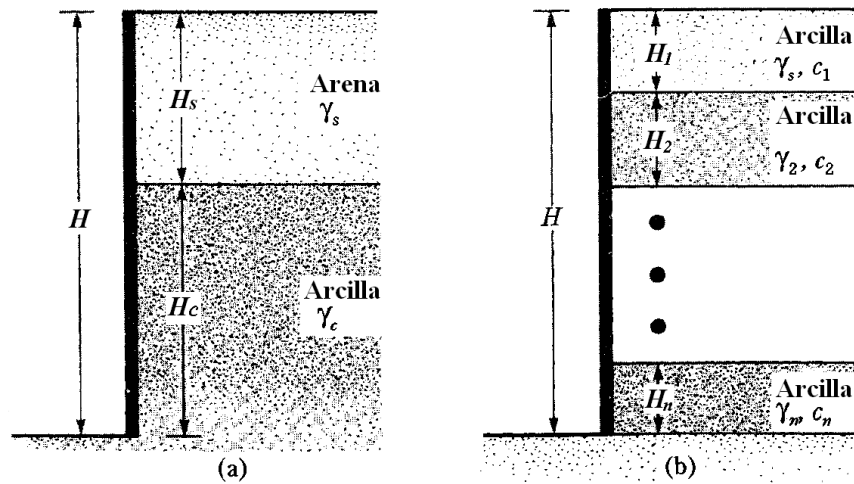
c_1, c_2, \dots, c_n = cohesión no drenada en los estratos 1,2, ... , n

H_1, H_2, \dots, H_n = espesores de las capas 1,2, ... , n

El peso específico promedio es, γ_a , es:

$$\gamma_a = \frac{1}{H} [\gamma_1 H_1 + \gamma_2 H_2 + \dots + \gamma_n H_n] \quad (2.20)$$

Figura 2.12. Suelos estratificados en excavaciones entibadas.



Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja Das.

CAPITULO III: TIPOS DE ENTIBADOS

El proceso constructivo de las Excavaciones y el Entibado deben ser adecuados, para proteger la seguridad del personal y evitar en lo posible el asentamiento del terreno adyacente a las excavaciones, lo que se traduciría en daños estructurales de edificaciones o vías cercanas a la obra.

Este capítulo mostrará los tipos de entibados, sus recomendaciones y tipos de sistemas constructivos que se deben llevar a cabo para obtener buenos resultados a la hora de contener una zanja en una obra de alcantarillado.

Existen diferentes sistemas de entibados dependiendo del tipo de suelo en que se va a trabajar, las sobrecargas debido a tráfico, cimentaciones adyacentes a la zanja, materiales utilizados y las profundidades de excavaciones las cuales condicionan o no, que éstos sean indicados para un tipo de problema específico.

Es muy común que en estas obras encontremos niveles freáticos dentro de la excavación, la cual debe ser reducida para poder realizar los trabajos dentro de la zanja. Los sistemas de drenes utilizados deben estar en función de la permeabilidad y la compresibilidad del suelo. Este tema no se tratará dentro de este manual debido a que su diseño e implementación es un tema complejo, que se sale del objetivo de la tesis, y a demás, debe ser realizado por un especialista.

Los entibados que estudiaremos pueden ser utilizados para excavaciones de zanjas de gran profundidad:

- ***Entibado convencional en Madera o Mixtos***
- ***Tablestacados con Puntales***
- ***Soldiers Beams (Vigas H hincadas con revestimiento de madera)***
- ***Micropilotes con Puntales***



Tablestacados con Puntales



Entibado convencional en Madera

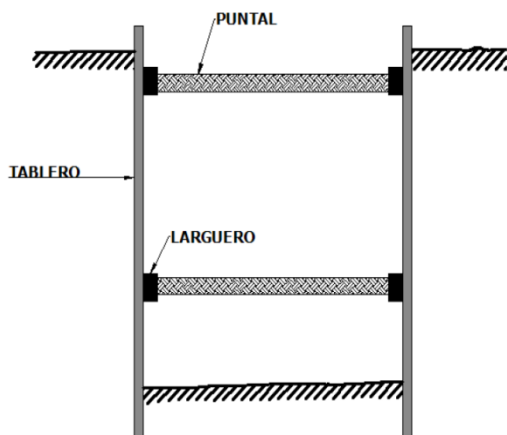


Soldiers Beams

3.1. ENTIBADO CONVENCIONAL EN MADERA O MIXTO

Los entibados convencionales constan generalmente de Puntales, Largueros y tablestacas, parales o tableros (verticales), de madera o metálicos y sirven para dar contención temporal a la zanja hasta que se finalice la instalación de la tubería y relleno de ésta.

Figura 3.1. Elementos que conforman el entibado.



Este tipo de entibado es el más básico y el más utilizado en la construcción debido a sus bajos costos y a la fácil obtención de los materiales para realizarlo.

Fuente: Principio de Ingeniería de Cimentaciones, Braja Das.

Los Materiales (madera o acero) utilizados para estos sistemas deben ser capaces de soportar las cargas impuestas por las presiones laterales y demás solicitaciones, lo que implica un diseño adecuado de estos elementos.

Se recomienda que las excavaciones contenidas por estos sistemas no sobrepasen profundidades de 4.5 m, anchos de 2 m y que los niveles freáticos se encuentren por debajo de la profundidad de la zanja o que sean rebajados por medio de sistemas de drenes.

Tabla 1: Anchos para zanja en función de la tubería.

Diámetro		Ancho de la zanja (Bd)	
Interior (pulgadas)	Interior (mm)	Teórico (m)	Recomendado (m)
6	150	0,60	0,60
8	200	0,66	0,65
10	250	0,71	0,70
12	300	0,78	0,80
14	350	0,83	0,85
16	400	0,89	0,90
18	450	0,95	0,95
20	500	1,02	1,00
24	600	1,14	1,15
27	700	1,27	1,30
30	800	1,38	1,40
36	900	1,50	1,50
40	1 000	1,63	1,65
44	1 100	1,75	1,80
48	1 200	1,87	1,95
52	1 300	1,98	2,10

Fuente: NTC 1259. Instalación de tuberías para conducción de aguas sin presión

3.1.1. ENTIBADO LIGERO

Este tipo de entibado es el más sencillo y se debe utilizar en suelos cohesivos firmes y para pocas profundidades (3 m aproximadamente), solo consta de tablonces verticales y puntales en madera o metálicos. Se aconseja no utilizar este entibado si tiene que resistir solicitaciones de cargas de tráfico o si hay cimientos de estructuras adyacentes a la zanja. Ver figura 3.2

Figura 3.2. (a) Vista lateral y (b) vista isométrica de Entibado ligero.

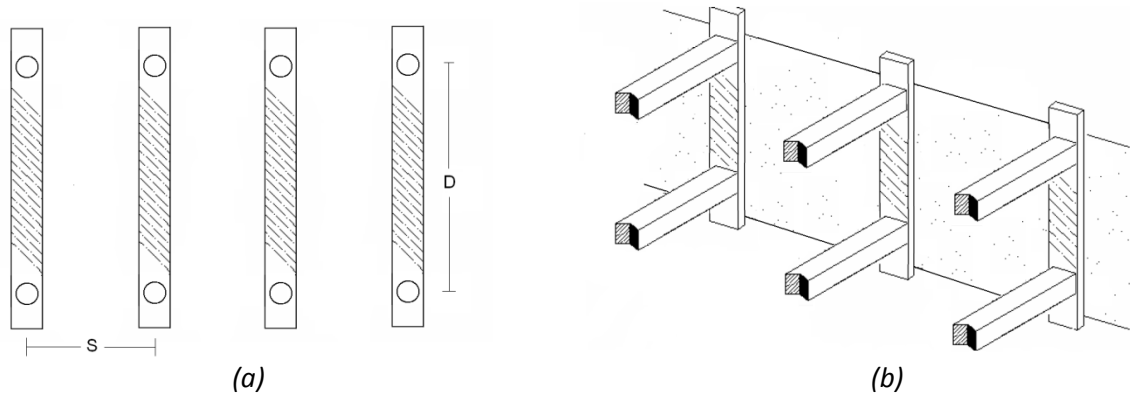


Tabla 2: Secciones y espaciamientos máximos para entibado ligero

PROFUNDIDAD H (m)		0 a 3
PARALES (Tablones)	Sección transversal (cm)	20 x 4
	Espaciamiento máximo S (m)	1,00
PUNTALES	Sección transversal (cm)	10 x 10
	Espaciamiento máximo vertical D (m)	1,00
	Espaciamiento máximo horizontal S (m)	1,00

En la tabla 2 se puede ver una configuración mínima para utilizarse en este tipo de entibados, el ancho máximo que trabajaremos para las zanjas es de 2 m.

3.1.1.1. Proceso Constructivo

Para llevar a cabo este apuntalamiento se debe realizar la excavación en la totalidad de la profundidad según lo especificado en los planos, y con una longitud máxima de excavación igual a la de longitud de la tubería.

Una vez terminada la excavación se empieza a entibar paralelamente las caras laterales de la zanja, con tablonces de madera dispuestas en la pared vertical, trabadas en el sentido transversal y horizontal de la zanja por los puntales, los cuales pueden ser rollizos o cercos de madera de diferentes secciones. Como puntales también se pueden utilizar parales metálicos que garanticen mayor resistencia.

Para seguridad del entibado se debe fijar los tablonces en el sentido vertical y perpendicular a los rollizos, evitando su desplazamiento y que el entibado pierda la solidez.

Terminado el entibado se hace el replanteo a mano, se instala la tubería con su estructura de cimentación y se procede a hacer el relleno, compactando por capas según las especificaciones. A medida que se va ganando altura con el relleno se pueden empezar a retirar los entibados hasta llegar a la cota de la rasante. Ver figura 3.7 (secuencia de entibado de zanja para instalación de tubería).

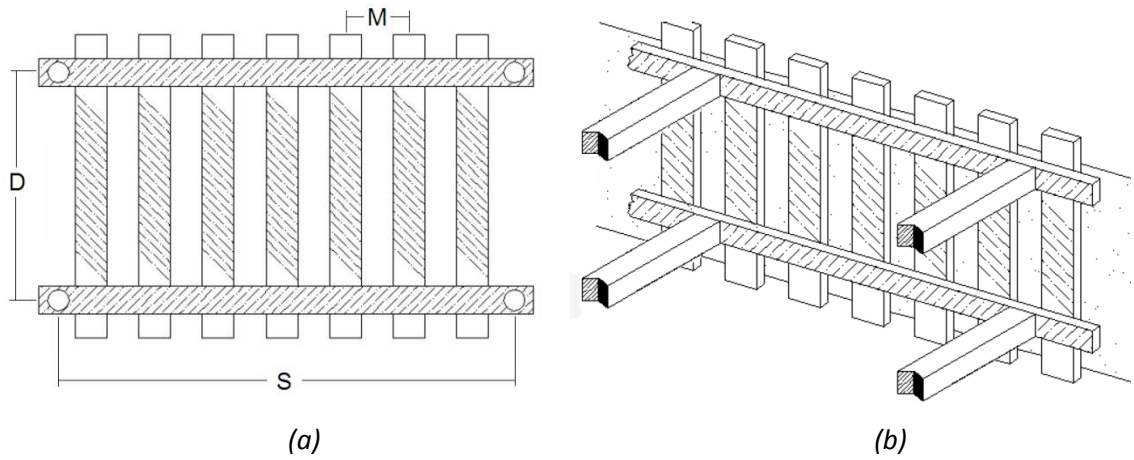
3.1.2. ENTIBADO DISCONTINUO

Este sistema es utilizado en arcillas firmes a medias en donde se entiba parcialmente la superficie de la zanja, consta de tablonces, puntales y largueros. Sus secciones pueden ser en madera, acero o combinadas, que tengan buen comportamiento estructural y diseñadas para ser capaces de soportar las cargas laterales además de las solicitaciones por sobrecarga.

Las profundidades máximas que se pueden trabajar con este sistema son aproximadamente 4.5 m, para anchos menores de 2 m y nivel freático rebajado o por debajo de la excavación.

En la figura 3.3 se puede observar la configuración que debe llevar el entibado discontinuo, y en la tabla se aconsejan unas distancias mínimas en cada tipo de suelo para dar un correcto soporte a la zanja.

Figura 3.3. (a) Vista lateral y (b) vista isométrica de Entibado Discontinuo.



Fuente: "cálculo y diseño de entibaciones para excavaciones en profundidad", Valladares, 2005.

Tabla 3: Secciones y espaciamientos máximos para entibado Discontinuo

TIPO DE SUELO		Arcilla Firme		Arcilla Media	
PROFUNDIDAD H (m)		0 a 3	3 a 4,5	0 a 3	3 a 4,5
PARALES (Tablones)	Sección transversal (cm)	20 x 4	20 x 4	20 x 5	20 x 5
	Espaciamiento máximo M (m)	0,6	0,6	0,6	0,6
PUNTALES	Sección transversal (cm)	10 x 10	10 x 10	10 x 10	10 x 10
	Espaciamiento máximo vertical D (m)	1,00	0,80	1,00	0,80
	Espaciamiento máximo horizontal S (m)	1,00	0,90	0,90	0,80
	Largo T (m)	1,80	1,80	1,80	1,80
LARGUEROS	Sección transversal (cm)	20 x 15	25 x 15	25 x 15	25 x 15
	Espaciamiento máximo vertical D (m)	1,00	0,80	1,00	0,80

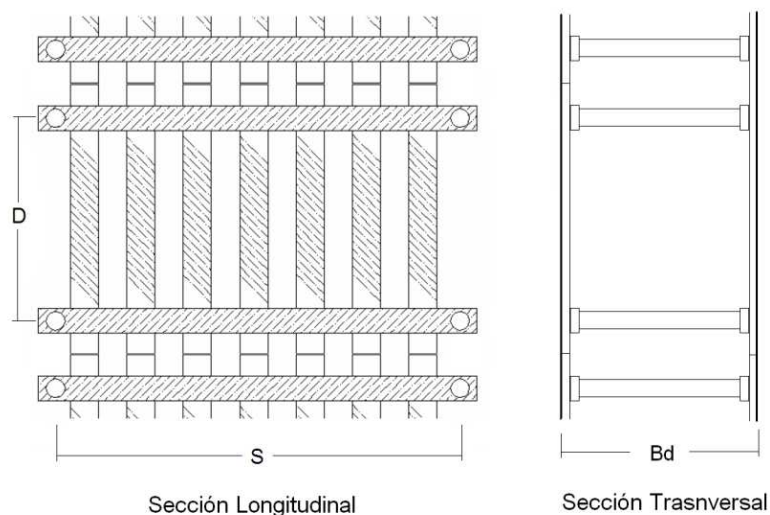
3.1.2.1. Proceso Constructivo

En suelos arcillosos firmes se puede excavar la profundidad total de la zanja (Max =4.5 m) y seguidamente se entra a entibar comenzando desde la rasante y terminando en la cota inferior de la excavación. Para suelos arcillosos medios se puede hacer una excavación parcial aproximadamente de 3 m, se entiba, y el resto de la excavación se termina mano, y se finaliza con el apuntalamiento del segundo tramo.

Para facilitar el proceso constructivo se pueden utilizar paneles prefabricados de parales y largueros. Se debe garantizar que los puntales queden firmes y sin posibilidad de deslizarse, ya que estos le dan la estabilidad a la estructura.

Debido a que la sección del entibado tiene una menor longitud que la profundidad de la zanja, esta se debe entibar por módulos, cuando se termine un modulo completo y se empiece otro, estos deben quedar doblemente apuntalados para garantizar una mejor resistencia.

Figura 3.4. Sección Longitudinal y transversal del empalme del entibado Discontinuo.



Terminado el entibado se hace el replanteo a mano, se instala la tubería con su estructura de cimentación y se procede a realizar el relleno, compactando por capas según las

especificaciones. A medida que se va ganando altura con el relleno se pueden empezar a quitar los entibados hasta llegar a la cota de la rasante. Ver figura 3.7 (secuencia de entibado de zanja para instalación de tubería).

3.1.3. ENTIBADO CONTINUÓ

Este sistema es utilizado para suelos arcillosos blandos, suelos granulares poco cohesivos y suelos arenosos, los cuales tienen poca estabilidad y necesitan ser contenidos en toda su área para evitar un desprendimiento progresivo del material. Se entiba completamente las caras laterales de la zanja por medio de tablonces, o tableros, clavados a los largueros y sostenidos por los puntales. Todos sus elementos deben ser diseñados para ser capaces de soportar las cargas laterales además de las solicitaciones por sobrecarga.

Las profundidades máximas que se pueden trabajar con este sistema y para los tipos de suelos mencionados son aproximadamente 4.5 m, para anchos menores de 2 m y nivel freático rebajado o por debajo de la excavación.

En la figura 3.5 se puede observar la configuración que debe llevar el entibado Continuo, y en la tabla 4 se aconsejan unas distancias mínimas para dar un correcto soporte a la zanja.

Figura 3.5. (a) Vista lateral y (b) vista isométrica de Entibado Continuo.

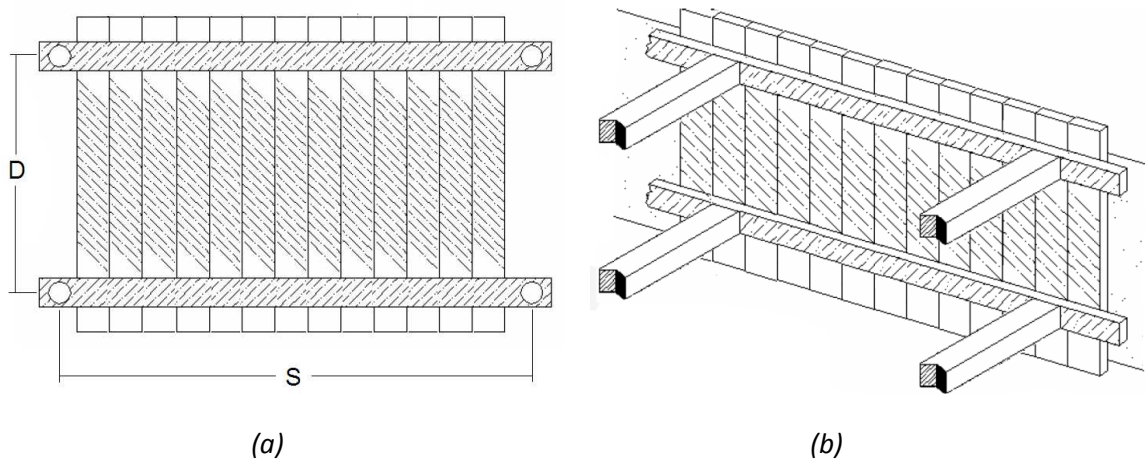


Tabla 4: Secciones y espaciamientos máximos para entibado Discontinuo

TIPO DE SUELO		Arcillas Blandas, Granulares poco Cohesivos, Suelos Arenosos	
PROFUNDIDAD H (m)		0 a 3	3 a 4,5
PARALES	Sección transversal (cm)	20 x 4	20 x 4
	Sección transversal (cm)	10 x 10	10 x 10
PUNTAL	Espaciamiento máximo vertical D (m)	1,00	0,80
	Espaciamiento máximo horizontal S (m)	0,80	0,60
	Largo T (m)	1,80	1,80
LARGUEROS	Sección transversal (cm)	20 x 15	25 x 15
	Espaciamiento máximo vertical D (m)	1,00	0,80

3.1.3.1. Proceso Constructivo

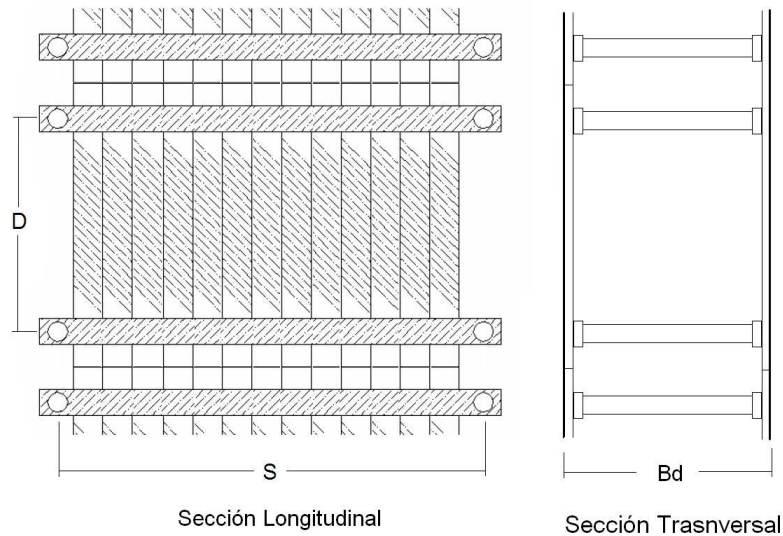
Para estos tipos de suelos se puede hacer una excavación parcial aproximadamente de 3 m, se entiba, y el resto de la excavación se termina a mano, y se finaliza con el apuntalamiento del segundo tramo.

Para facilitar el proceso constructivo se pueden hacer paneles prefabricados con parales o tableros y largueros. Se debe garantizar que los puntales queden firmes y sin posibilidad de deslizarse, ya que estos le dan la estabilidad a la estructura.

Debido a que la sección del entibado tiene una menor longitud que la profundidad de la zanja, esta se debe entibar por módulos, cuando se termine un modulo completo y se

empiece otro, estos deben quedar doblemente apuntalados para garantizar una mejor resistencia. Ver figura 3.6

Figura 3.6. Sección Longitudinal y transversal del empalme del entibado Continuo.

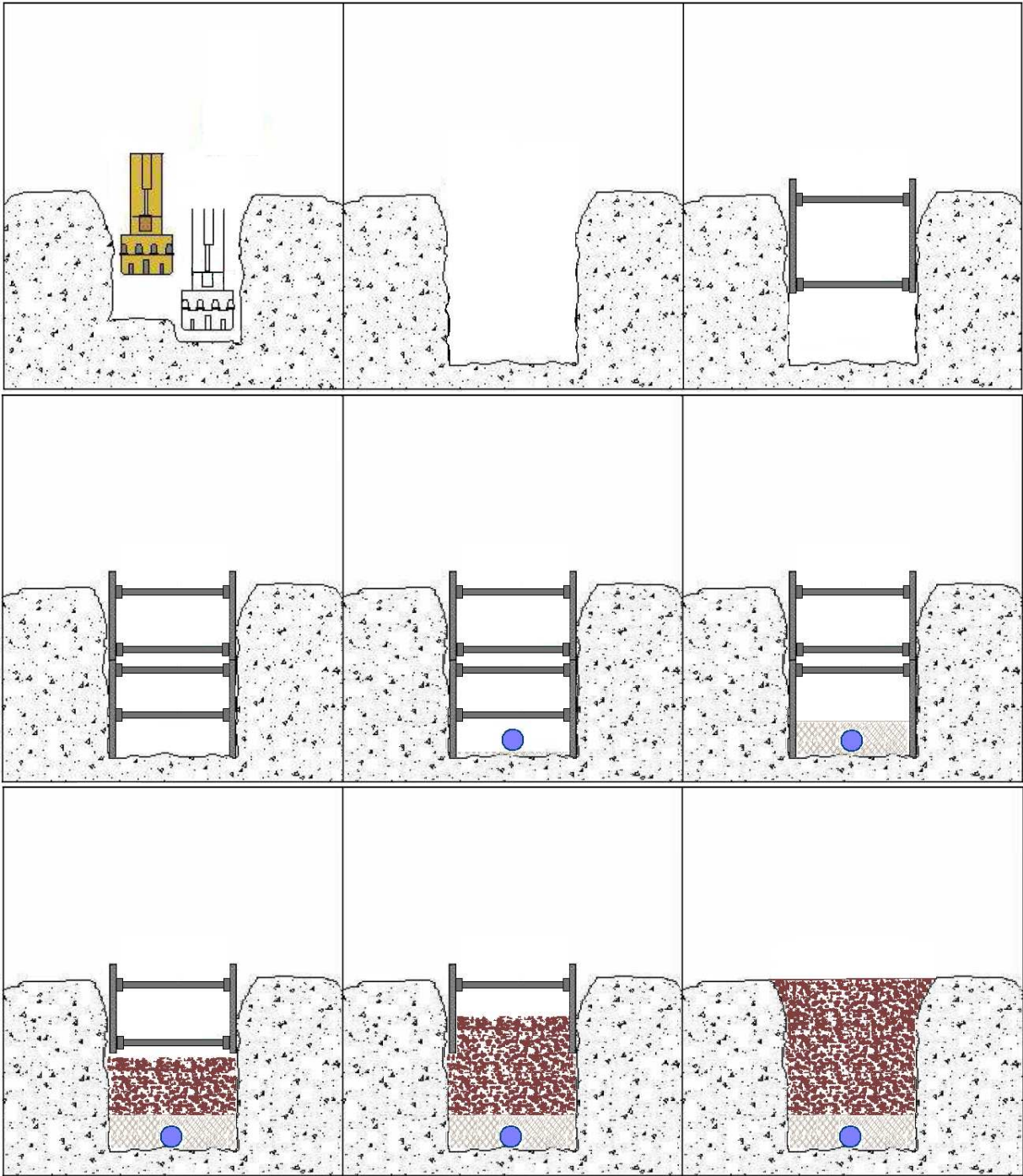


Terminado el entibado se hace el replanteo a mano, se instala la tubería con su estructura de cimentación y se procede a realizar el relleno, compactando por capas según las especificaciones. A medida que se va ganando altura con el relleno se pueden empezar a retirar los entibados hasta llegar a la cota de la rasante. Ver figura 3.7 (secuencia de entibado de zanja para instalación de tubería).

3.1.4. SECUENCIA DE ENTIBADO DE ZANJA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA

Se puede generalizar una secuencia típica del entibado de la zanja para la instalación de la tubería, la cual se puede observar en las siguiente grafica

Figura 3.7. Secuencia de entibado de zanja para instalación de tubería.



3.1.5. TIPO DE ENTIBADO EN FUNCIÓN DE LA CLASE DE SUELO Y DE LA SOLICITACIÓN

La Normas Tecnológicas de la Edificación, NTE-ADZ/1976: "Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y pozos", del Gobierno de España propone un tipo de entibado en función del tipo de suelo y de la solicitud que puedan afectar la zanja.

Tabla 5: Tipo de entibado en función del suelo y las solicitudes

Tipo de terreno	Solicitud	Profundidad de corte en metros (m)			
		<1,30	1,30--2,0	2,0--2,5	>2,5
Cohesivo	Sin Solicitud	--	Ligera	Discontinua	Continua
	Con Solicitud Vial	Ligera	Discontinua	Continua	Continua
No cohesivo	Solicitud de cimentación	Continua	Continua	Continua	Continua
	Indistintamente	Continua	Continua	Continua	Continua

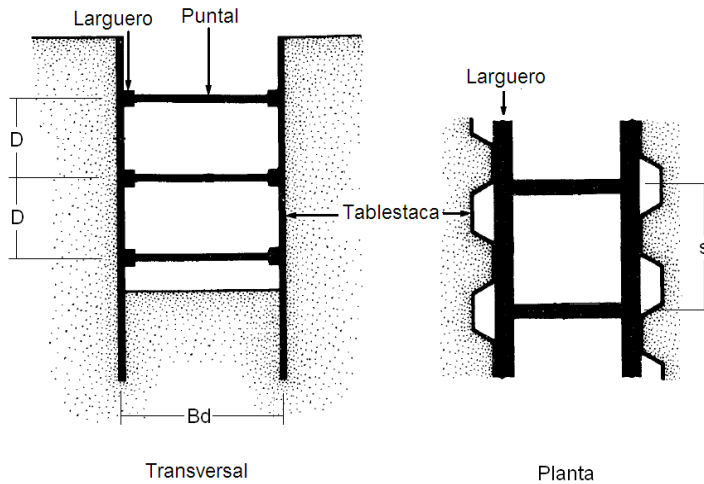
Fuente: NTE-ADZ/1976: "Acondicionamiento del terreno. Desmontes: Zanjas y pozos"

3.2. TABLESTACADOS CON PUNTALES

“Las tablestacas son estructuras de contención hincadas, delgadas y esbeltas, las cuales trabajan generalmente a flexión. El muro de tablestaca está conformado por una serie de pilotes unidos entre sí para formar una pared continua. La integridad del muro depende de las uniones entre pilotes individuales. Pueden ser de acero, concreto o madera, siendo las de acero las más utilizadas.

Las tablestacas pueden servir a la hora de realizar cortes apuntalados en terrenos pocos estables como arcillas blandas, suelos granulares poco cohesivos, suelos arenosos y donde se presenten niveles freáticos altos. Para su hincado se requiere que el suelo permita la penetración del pilote y que no existan bloques o cantos grandes de roca.

Figura 3.8. Sección transversal y en planta de tablestacado apuntalado.

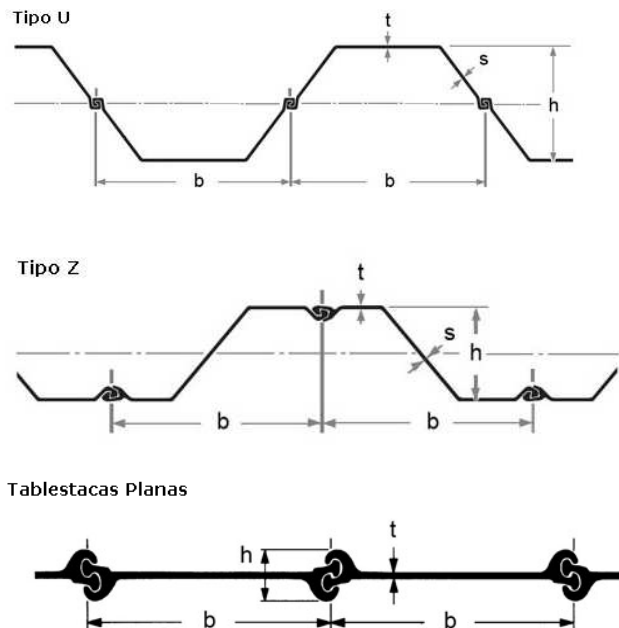


La sección de la tablestaca depende de la altura de la tierra a retenerse y de las condiciones del suelo y agua. La altura de los muros de tablestacas varía generalmente entre 4.5 y 12 metros.”¹

Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja Das.

- Los tipos de secciones metálicas utilizados para tablestacados son:

Figura 3.9. Secciones Metálicas de Tablestacas



¹ Tomado de Deslizamientos: “Técnicas de remediación”. Capítulo 7: Estructuras Enterradas. Suarez, Jaime.

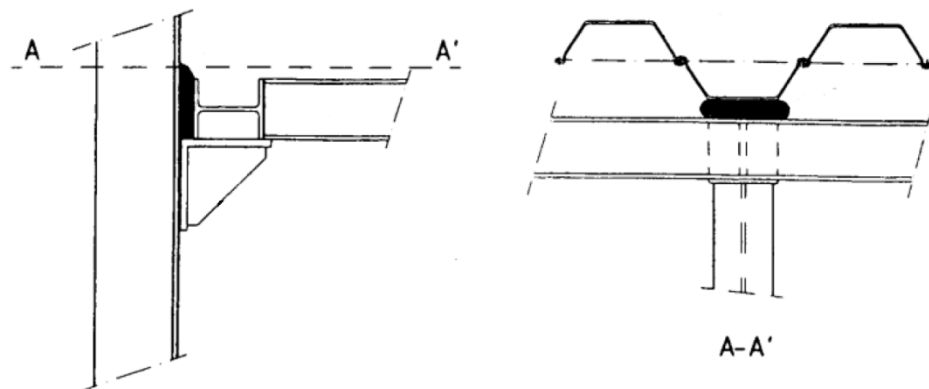
El diseño de estas tablestacas se verá en el capítulo 7 las cuales son diseñadas para resistir flexiones ocasionadas por las presiones laterales del suelo.

3.2.1. PROCESO CONSTRUCTIVO

Hay diferentes tipos de hincados que se pueden utilizar dependiendo del tipo de terreno donde se vaya a trabajar, los más comunes son por impacto y por vibración. En el proceso de hincado se debe asegurar que las secciones no se desvíen, utilizando estructuras de guía robustas que aseguren la alineación vertical y horizontal.

El Hincado se debe hacer por tramos longitudinales cortos ($L < 6$ m), y a profundidades mayores que la excavación proyectada, dando lugar para entrar a excavar y apuntalar las secciones por medio de los largueros y los codales metálicos, que serán soldados (Ver figura 3.10). Los codales deben estar espaciados entre 2 m y 3 m, horizontal y verticalmente. El proceso de excavar y apuntalar se debe realizar las veces necesarias hasta llegar a la cota de cimentación de la tubería. Este secuencia de hincado, excavación y apuntalamiento se sigue haciendo en toda la longitud de la excavación.

Figura 3.10. Detalle de unión de la tablestaca con el larguero y el puntal.

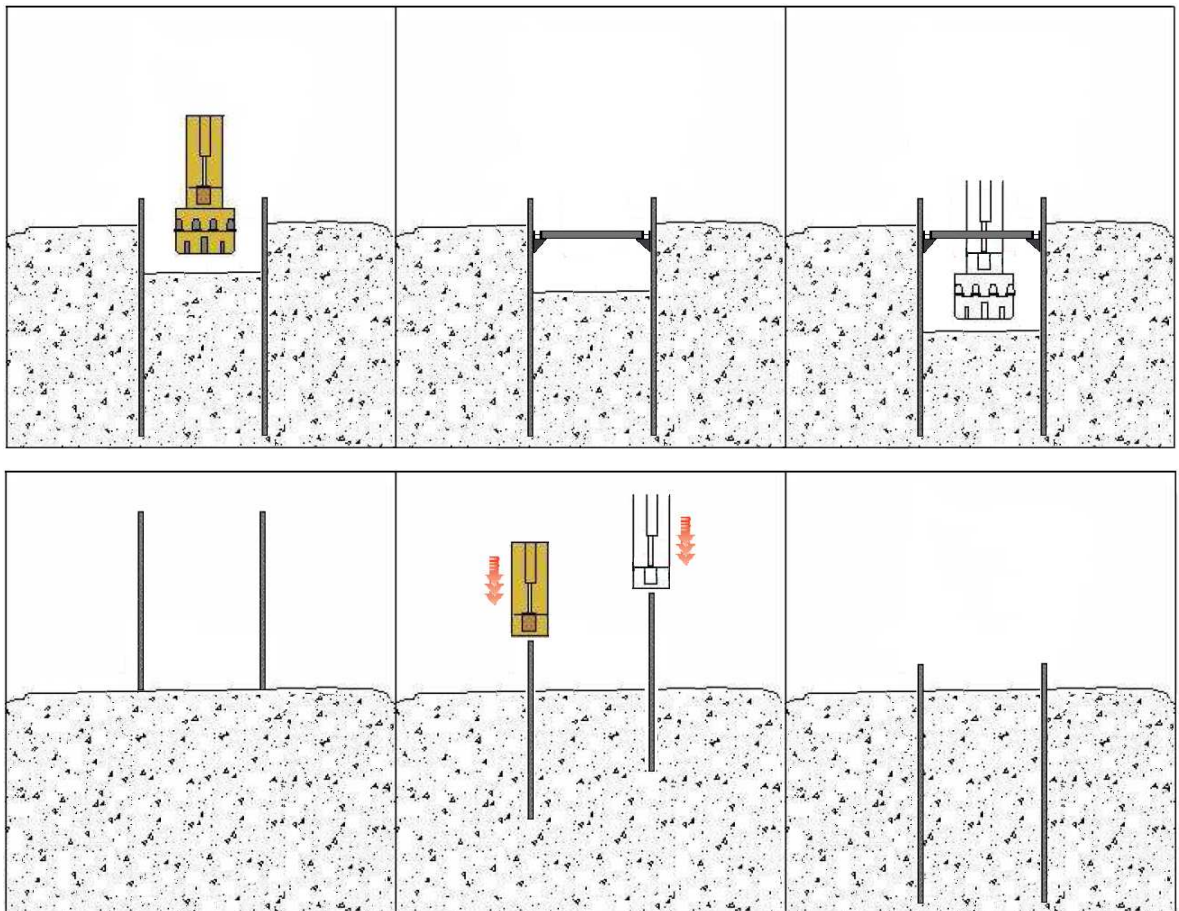


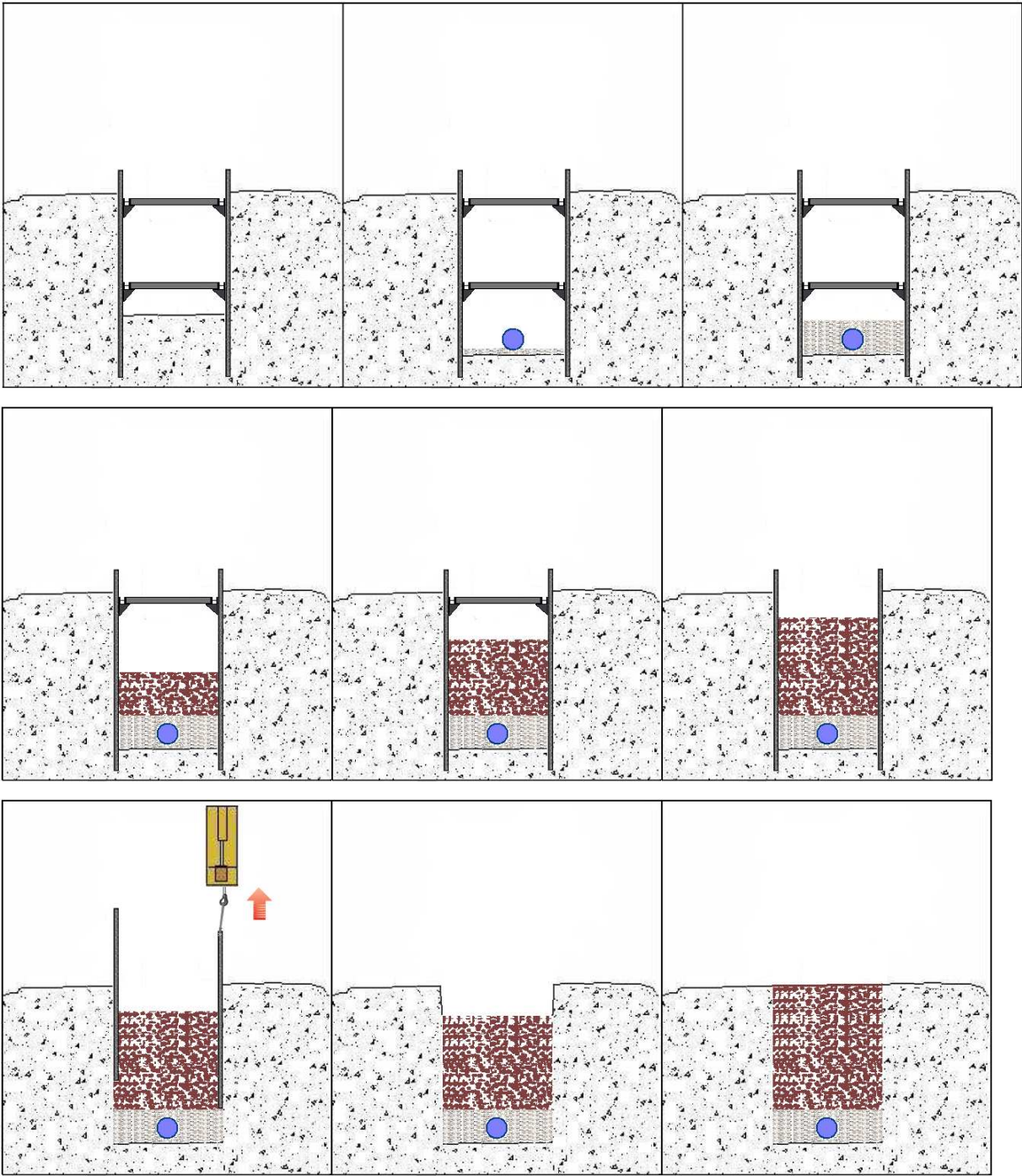
Fuente: Excavaciones a cielo abierto, métodos de análisis y métodos constructivos, Castellanos y Serrano.

Con la profundidad total, excavada y contenida, se entra a hacer el replanteo a mano, se instala la tubería con su estructura de cimentación y se procede a hacer el relleno, compactando por capas según las especificaciones. A medida que se va ganando altura con el relleno se pueden empezar a quitar los puntales, y las tablestacas se extraen cuando se llegue a la cota de la rasante. Ver figura 3.11.

3.2.2. SECUENCIA DE TABLESTACADO APUNTALADO EN ZANJA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA

Figura 3.11. Secuencia de tablestacado apuntalado en zanja para instalación de tubería



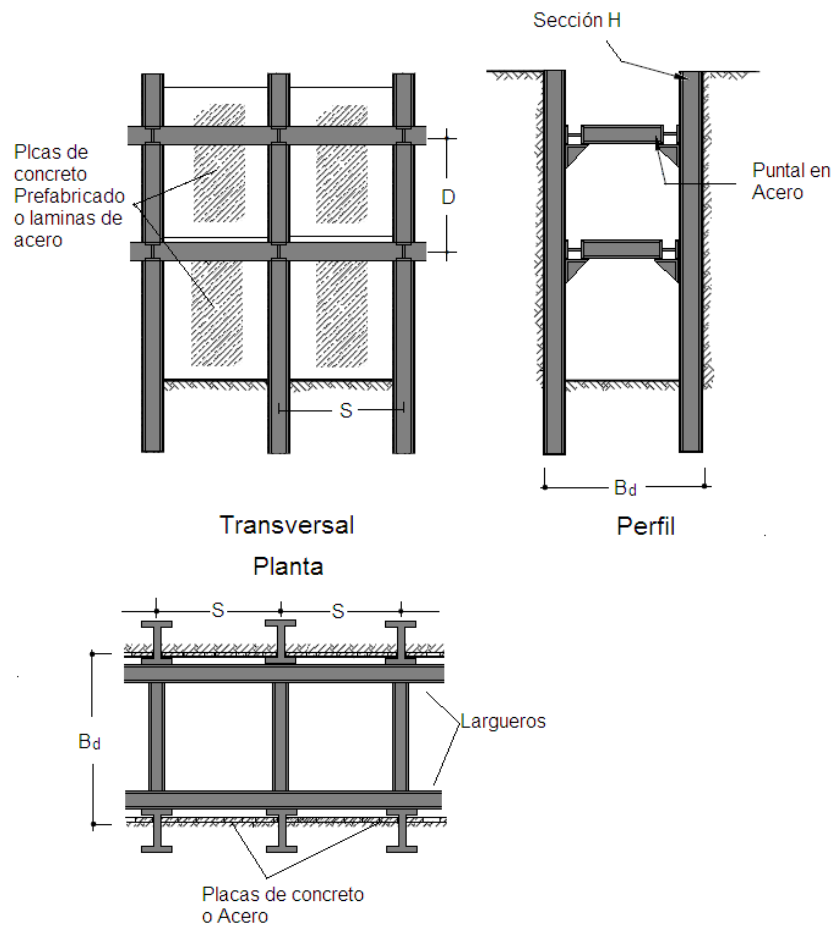


3.3. SOLDIERS BEAMS

Este sistema de contención consta de vigas H metálicas hincadas que trabajan a flexión. El muro está conformado por las vigas H, con un revestimiento formado por tablones horizontales de madera, placas prefabricadas de concreto o laminas de acero colocadas entre las vigas, y contenidos por los largueros y puntales metálicos. Ver figura 4.12

Estos cortes apuntalados se pueden realizar en arcillas blandas o suelos granulares poco cohesivos los cuales sean lo suficientemente competente para realizar la excavación y colocar el revestimiento entre las vigas H. El suelo debe permitir la penetración del perfil H y no deben existir bloques o cantos grandes que obstruyan el hincado. Las profundidades logradas con estos sistemas pueden llegar hasta los 12 m.

Figura 3.12. Sección transversal, en planta y en perfil de Sodiers Beam.



3.3.1. PROCESO CONSTRUCTIVO

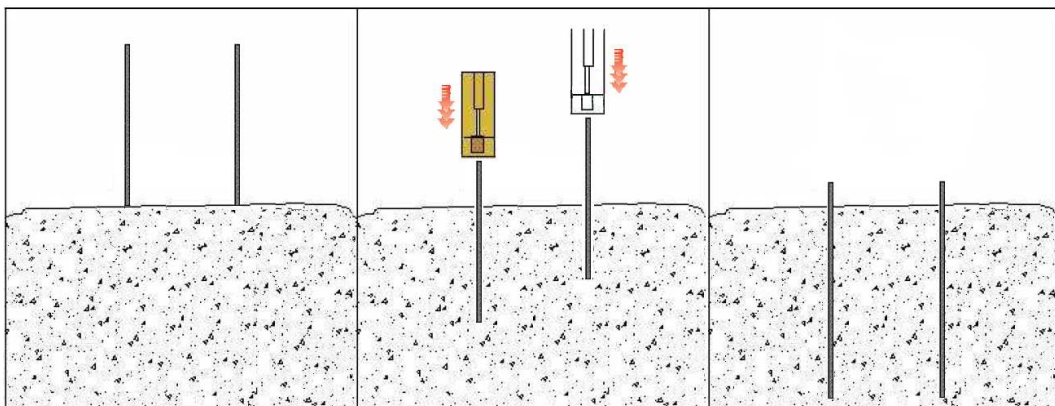
En el proceso de hincado se debe asegurar que las secciones no se desvíen, utilizando estructuras de guía robustas que aseguren la alineación vertical y horizontal.

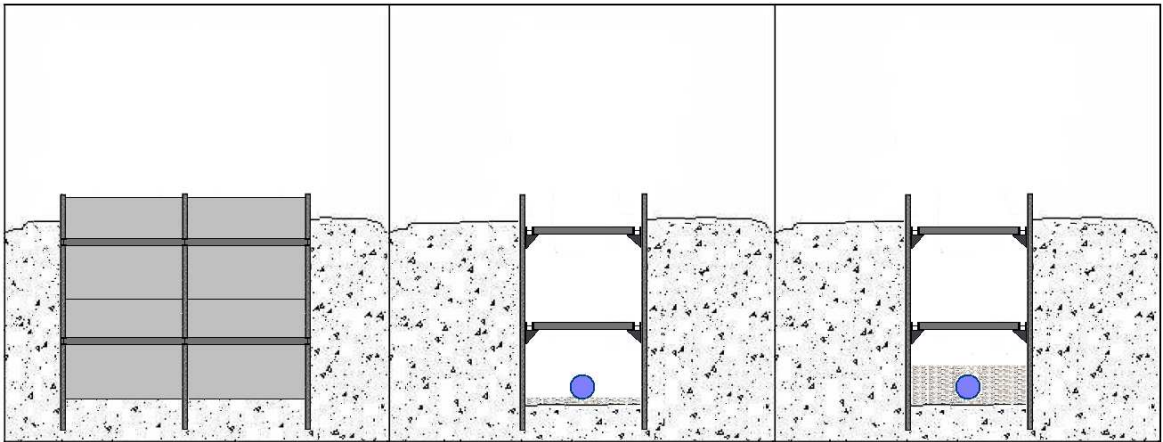
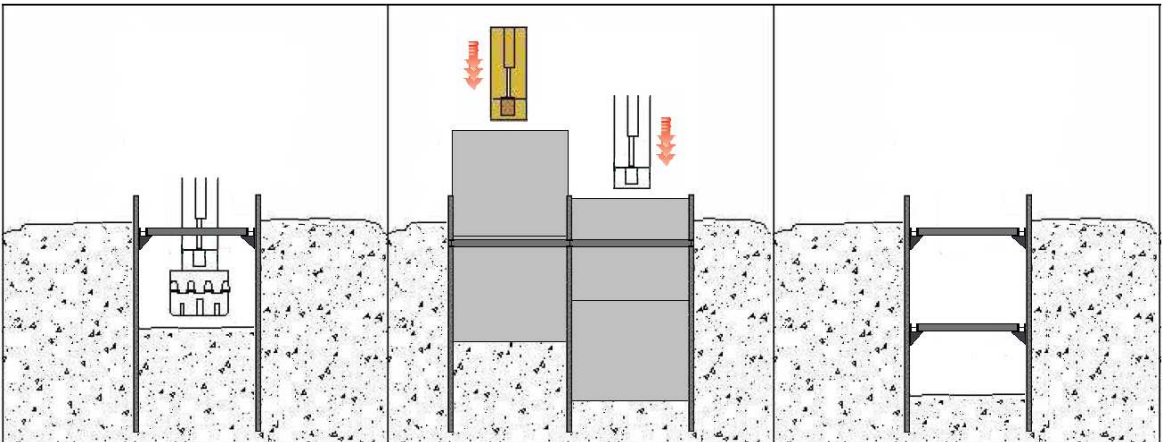
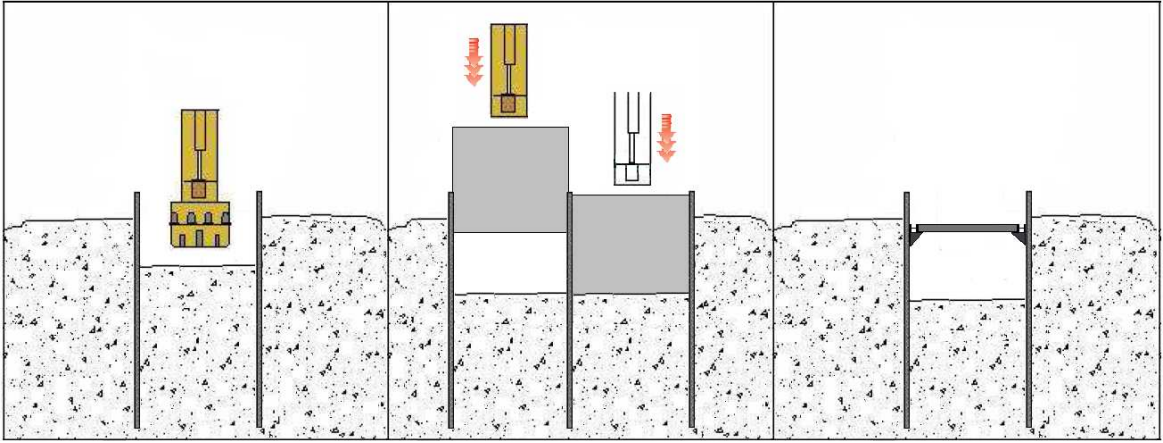
El Hincado debe estar espaciado entre 2 m y 3 m y a profundidades mayores que la de la excavación proyectada. Una vez hincado se da lugar para entrar a excavar, colocar las láminas en acero o placas de concreto prefabricadas entre las vigas H, las cuales se pueden recuperar a medida que la excavación vaya subiendo el nivel. Se apuntalan las secciones por medio de los largueros y los codales metálicos, que serán soldados (Ver figura 3.10). Los codales deben estar separados entre 2 y 3 m verticalmente. Este proceso de excavar, hacer el revestimiento y apuntalar se debe realizar las veces necesarias, hasta llegar a la cota de cimentación de la tubería.

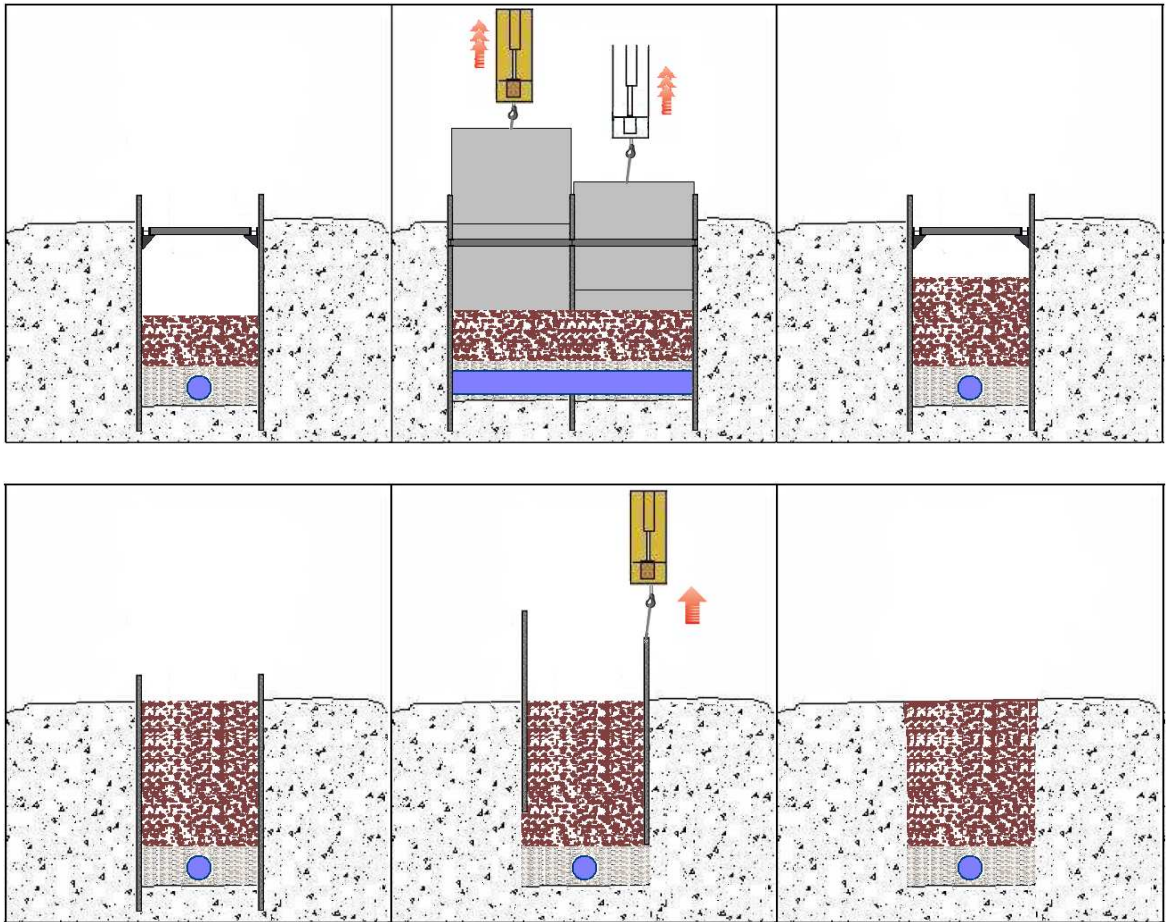
Con la profundidad total, excavada y contenida, se entra a realizar el replanteo a mano, se instala la tubería con su estructura de cimentación y se procede a hacer el relleno, compactando por capas según las especificaciones. A medida que se va ganando altura con el relleno, se pueden empezar a retirar los puntales y a extraer el revestimiento hasta llegar a la cota de la rasante. Cuando se encuentra la zanja totalmente rellena se procede a extraer las secciones H. Ver figura 4.13.

3.3.2. SECUENCIA DE SOLDIER BEAMS EN ZANJA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA

Figura 3.13. Secuencia de Soldiers Beams en zanja para instalación de tubería.







3.4. MICROPILOTES CON PUNTALES

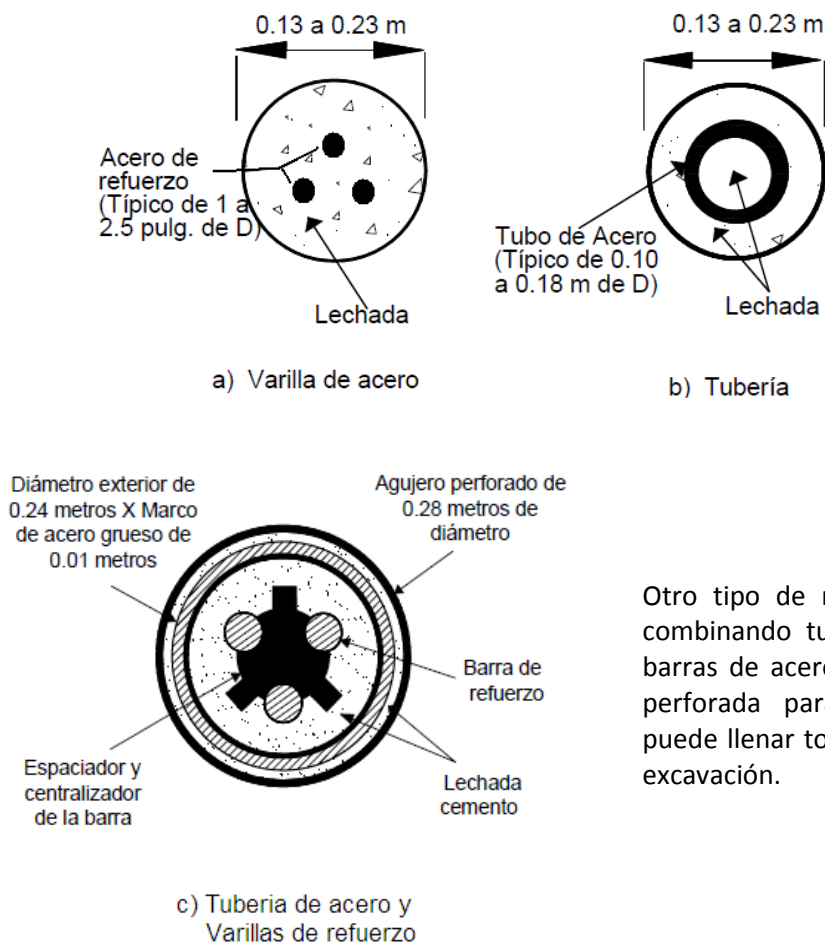
Los micropilotes con puntales son un sistema poco convencional para hacer la estabilización de una zanja debido los altos costos, es utilizado en ocasiones especiales en que se pueda ver afectada las cimentaciones de una estructura vecina. Este sistema se puede implementar en suelos duros, blandos, arenosos y en suelos con bloques de roca.

Los micropilotes se utilizan convencionalmente para la estabilización de taludes, mejoramiento de las capacidades de carga del suelo, pero para este caso de apuntalamiento, la función principal del pilote es soportar las cargas laterales siendo su mayor requerimiento la flexión.

“Este sistema consta de perforaciones de pequeño diámetro dentro de las cuales se coloca un refuerzo de acero y se inyecta lechada a presión para formar un pilote, su diámetro varía entre 10 cm y 25 cm y longitudes hasta de 12 m”². Este sistema también consta de vigas cabezales en concreto que unen longitudinalmente los micropilotes y puntales en concreto reforzado que se van fundiendo a medida que la excavación va bajando su nivel. Ver figura 3.16

Las secciones típicas de los micropilotes pueden estar reforzadas con barras de acero o tubería metálica. Ver figura 3.14

Figura 3.14. Secciones transversales de micropilotes.



Otro tipo de refuerzo puede ser combinando tubería metálica con barras de acero, esta tubería esta perforada para que la lechada puede llenar todos los vacios de la excavación.

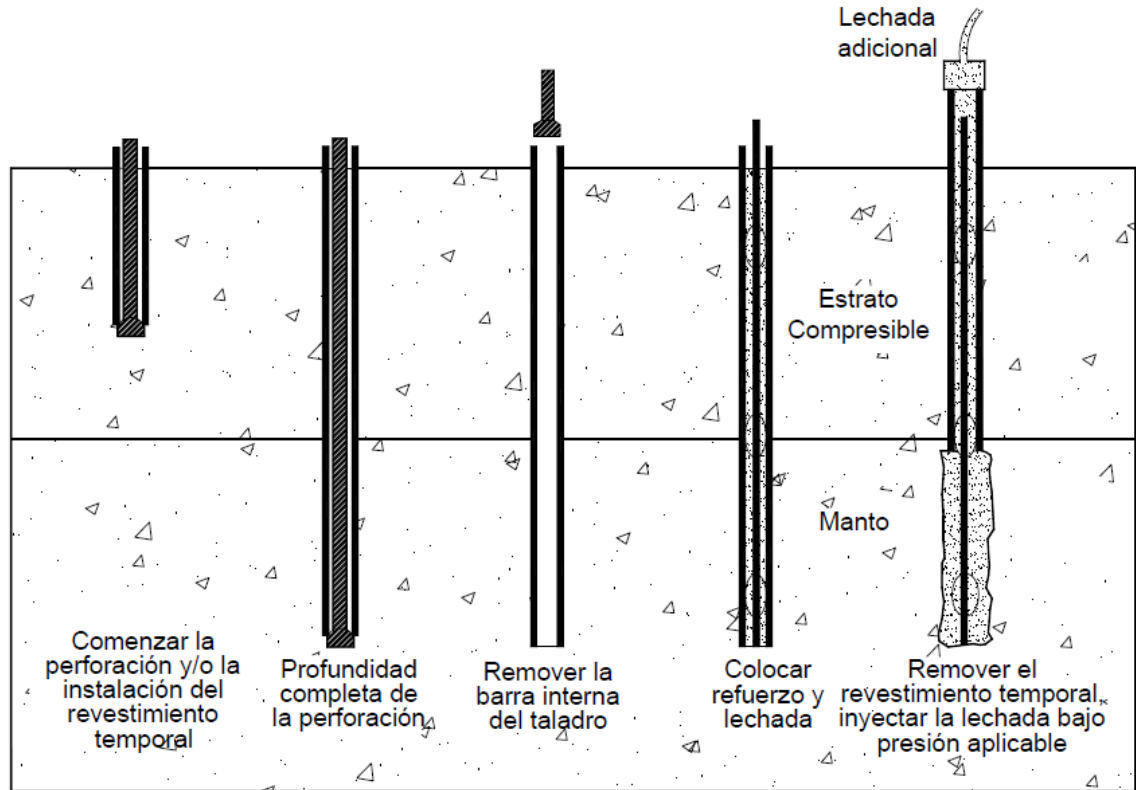
Fuente: Suarez, Jaime. Deslizamientos: “Técnicas de remediación”.

² Tomado de Deslizamientos: “Técnicas de remediación”. Capítulo 7: Estructuras Enterradas. Suarez, Jaime.

3.4.1. PROCESO CONSTRUCTIVO

La construcción de los Micropilotes incluye la perforación, la instalación del refuerzo y la inyección de lechada, como se muestra en la siguiente figura.

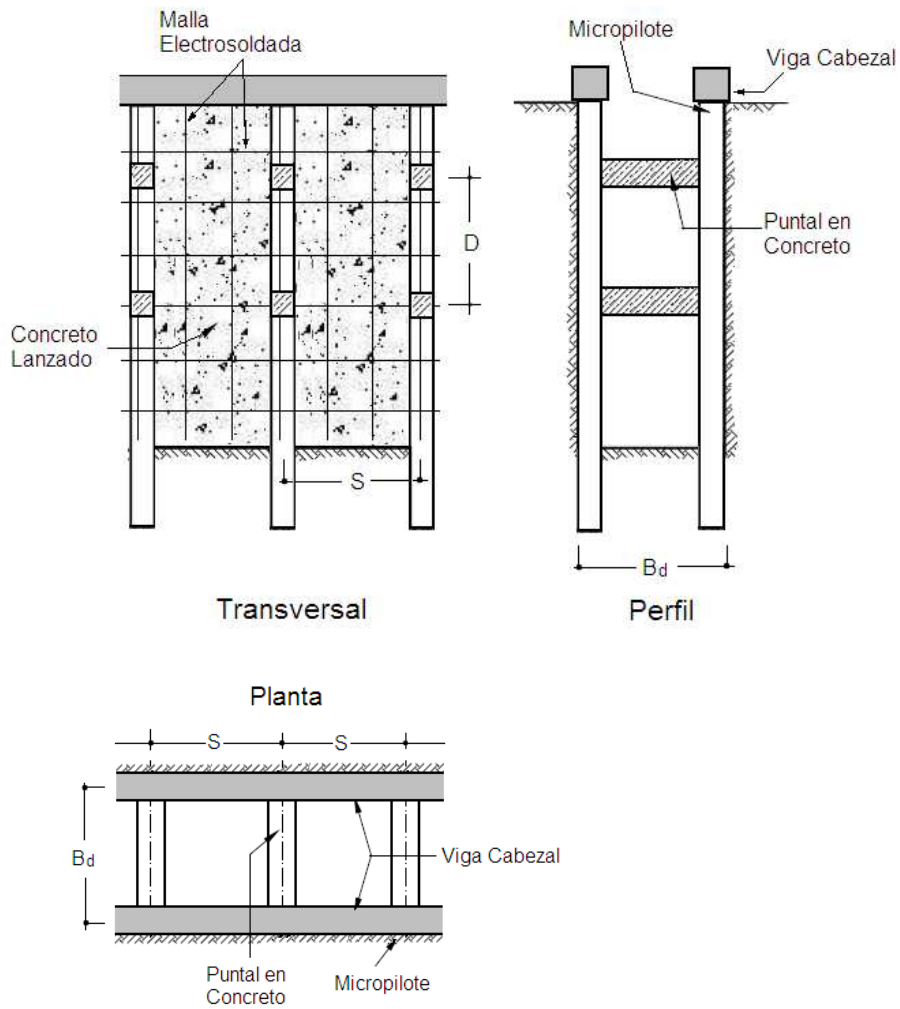
Figura 3.15. Proceso Constructivo de micropilotes.



Fuente: Suarez, Jaime. Deslizamientos: "Técnicas de remediación".

La distancia entre ejes (S) de los micropilotes debe ser menor a 1 m para suelos arenosos, y 1.5 m para suelos cohesivos. Con los micropilotes terminados se deben fundir las vigas cabezales las cuales ayudan a fortalecer el sistema, y después se pueden comenzar las excavaciones hasta una profundidad de máxima de 1/3 de la altura de los micropilotes. Las paredes de la zanja se deben recubrir con mallas electrosoldadas y concreto lanzado para evitar el desmoronamiento del talud. De manera paralela se puede ir armando la formaleta y el refuerzo para fundir los puntales en concreto reforzado. Ver figura 4.17.

Figura 3.16. Sección transversa, planta y perfil de Micropilotes apuntalados.

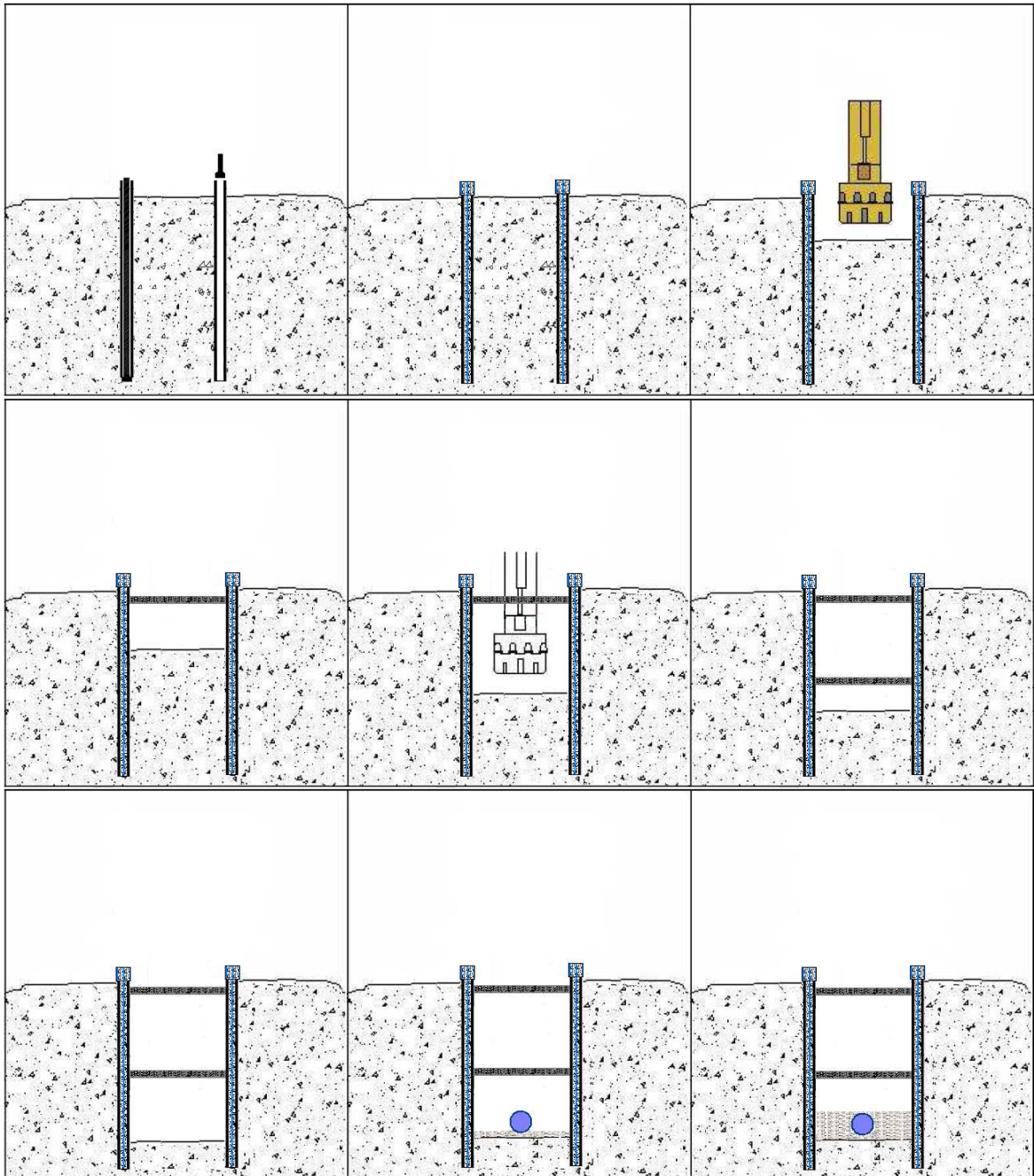


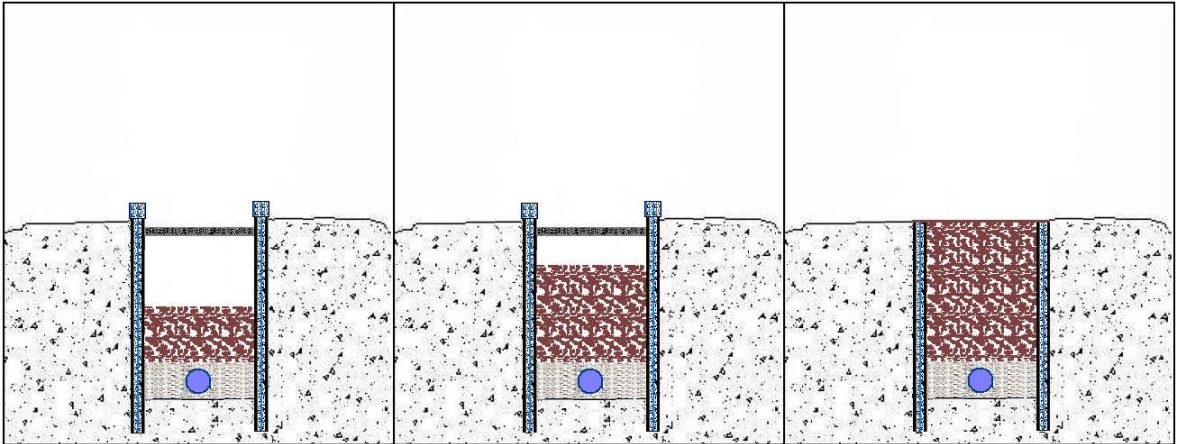
Se continúan las excavaciones, y se baja el nivel hasta un punto adecuado en donde se pueda entrar a hacer el recubrimiento y el apuntalado. Este ciclo se debe repetir hasta llegar a la cota de cimentación de la tubería.

Con la profundidad total, excavada y contenida, se entra a realizar el replanteo a mano, se instala la tubería con su estructura de cimentación y se procede a hacer el relleno, compactando por capas según las especificaciones. A medida que se va ganando altura con el relleno se pueden empezar a retirar los puntales hasta llegar a la cota de la rasante. Ver figura 4.18

3.4.2. SECUENCIA DE MICROPILOTES APUNTALADOS EN ZANJA PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA

Fig. 3.17. Secuencia de Micropilotes apuntalados en zanja para instalación de tubería.





CAPITULO IV: TECNOLOGÍAS DE EMPRESAS ESPECIALIZADAS EN ENTIBADOS

En la actualidad hay muchas empresas Europeas dedicadas al desarrollo e implementación en obra de sistemas especiales de entibados, para las condiciones más duras que se puedan presentar a la hora de realizar excavaciones de zanjas (grandes profundidades, suelos inestables espacios reducidos para la ejecución de las excavaciones). En este capítulo veremos algunos de los sistemas ofrecidos por la empresa SBH Tiefbautechnik:



Cámaras y Tablestacas



Entibación Hidráulica Pressbox



Doble guía y sistema Monocodal de patines



Entibación con cajones de Blindaje

4.1. ENTIBACIÓN CON CAJONES DE BLINDAJE

El sistema de cajones de blindaje es una entibación rápida y segura, se puede descender entibando, al tiempo que la excavación desciende (ver figura 4.2). Los codales se accionan con suavidad y Las planchas y los codales se unen mediante articulaciones con muelles de acero.

Se presentan tres versiones para diferentes tipos de sollicitaciones:

- Cajón Ligero Box
- Cajón Extra Box
- Cajón Estandar Robust Box

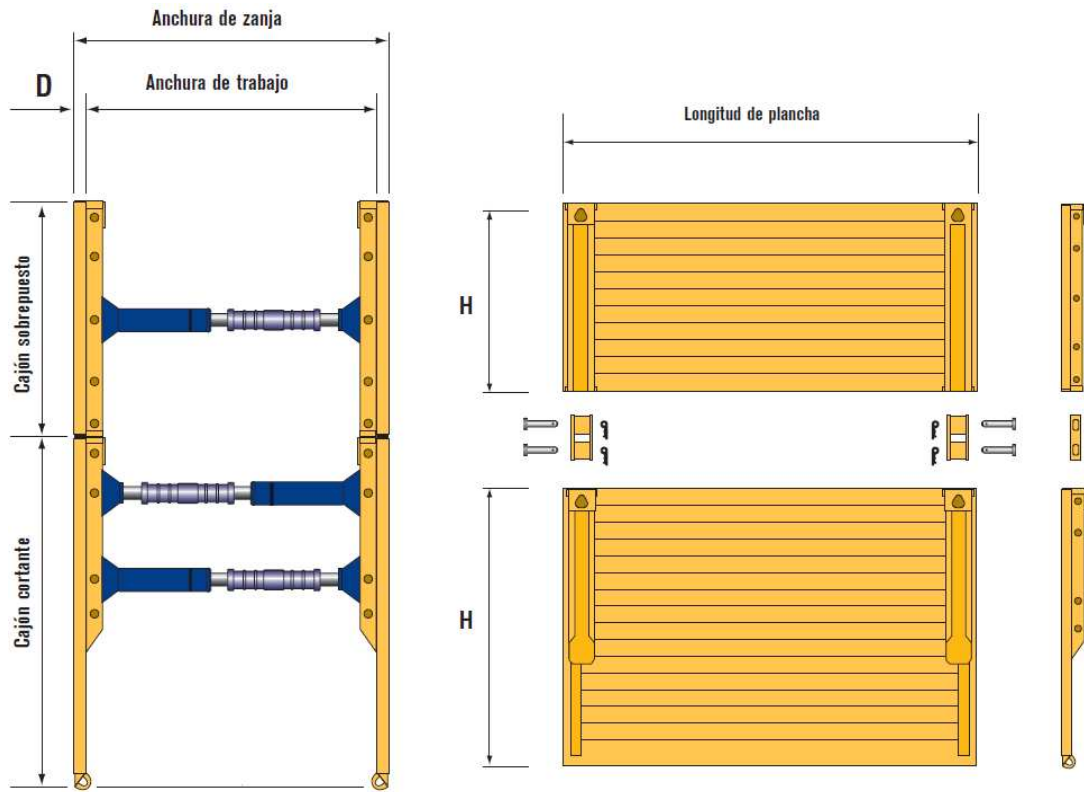
Ancho de zanja: de 1,18 m a 4,50 m.

Profundidad Máxima: 4,0 m.

Longitud Máxima de la plancha: 5,0 m

Presiones admisibles del terreno: 25,3 KN/m² - 76,5 KN/m²

Figura 4.1. Sección de cajones con Blindaje.



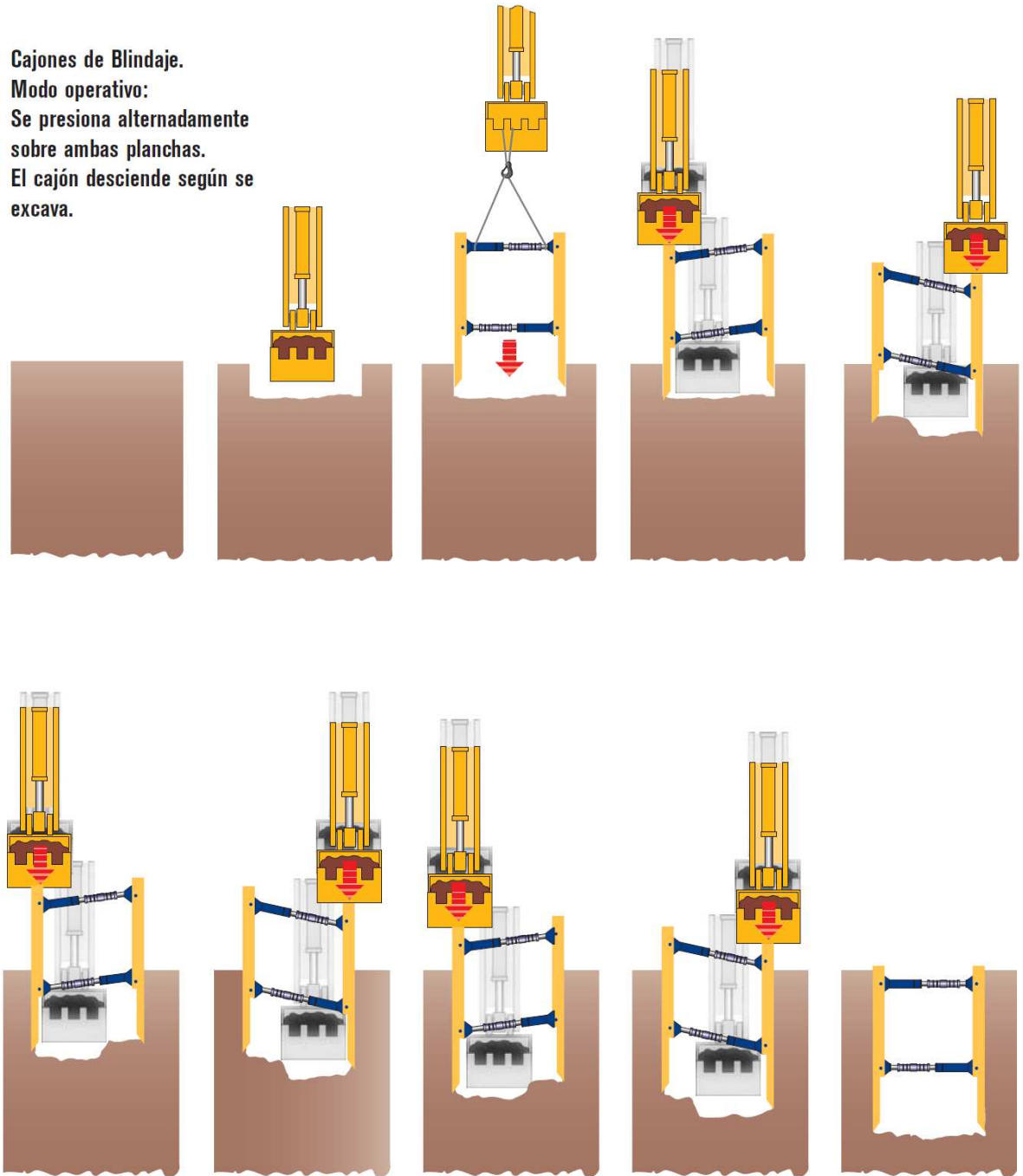
Fuente: Sistema de entibación, Iguazuri.

- Los Codales con alargadores enchufables tienen gran robustez y en sus extremos se sitúan las articulaciones con las planchas, que permiten la hinca del modulo de entibación, presionando alternadamente sobre ambos laterales (ver figura 4.2). Son muy prácticos debido a que se pueden adaptar a los anchos de las zanjas ya que se pueden acoplar hasta 6 alargadores intermedios para lograr los anchos de las excavaciones requeridas.



Figura 4.2. Secuencia de Entibado con Cajones de Blindaje.

Cajones de Blindaje.
Modo operativo:
Se presiona alternadamente
sobre ambas planchas.
El cajón desciende según se
excava.



Fuente: Sistema de entibación, Iguazuri.

4.2. ENTIBACIÓN CON DOBLE GUÍA Y SISTEMA MONOCODAL DE PATINES

Este sistema es concebido especialmente para colectores. Según progresa la excavación, descenden las planchas, sujetando las paredes de la zanja. La excavación y la entibación son dos procesos paralelos hechos con la misma excavadora.

- *Ventajas del sistema Doble Guía con Monocodal de Patines*

- Simplicidad de montaje y desmontaje.
- Extraordinaria robustez del Monocodal de Patines que le confiere una alta resistencia antitorsión, garantizando una geometría estable.
- Gran diámetro del tubo y amplio espacio de trabajo.

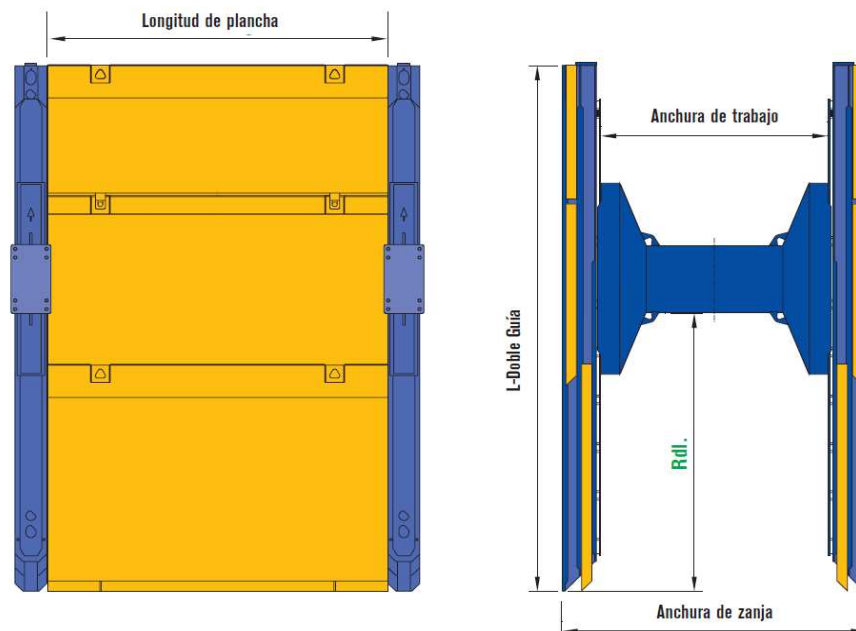
Ancho de zanja: de 2 a 12 m.

Profundidad Máxima: 7,6 m.

Longitud Máxima de la plancha: 5,5 m

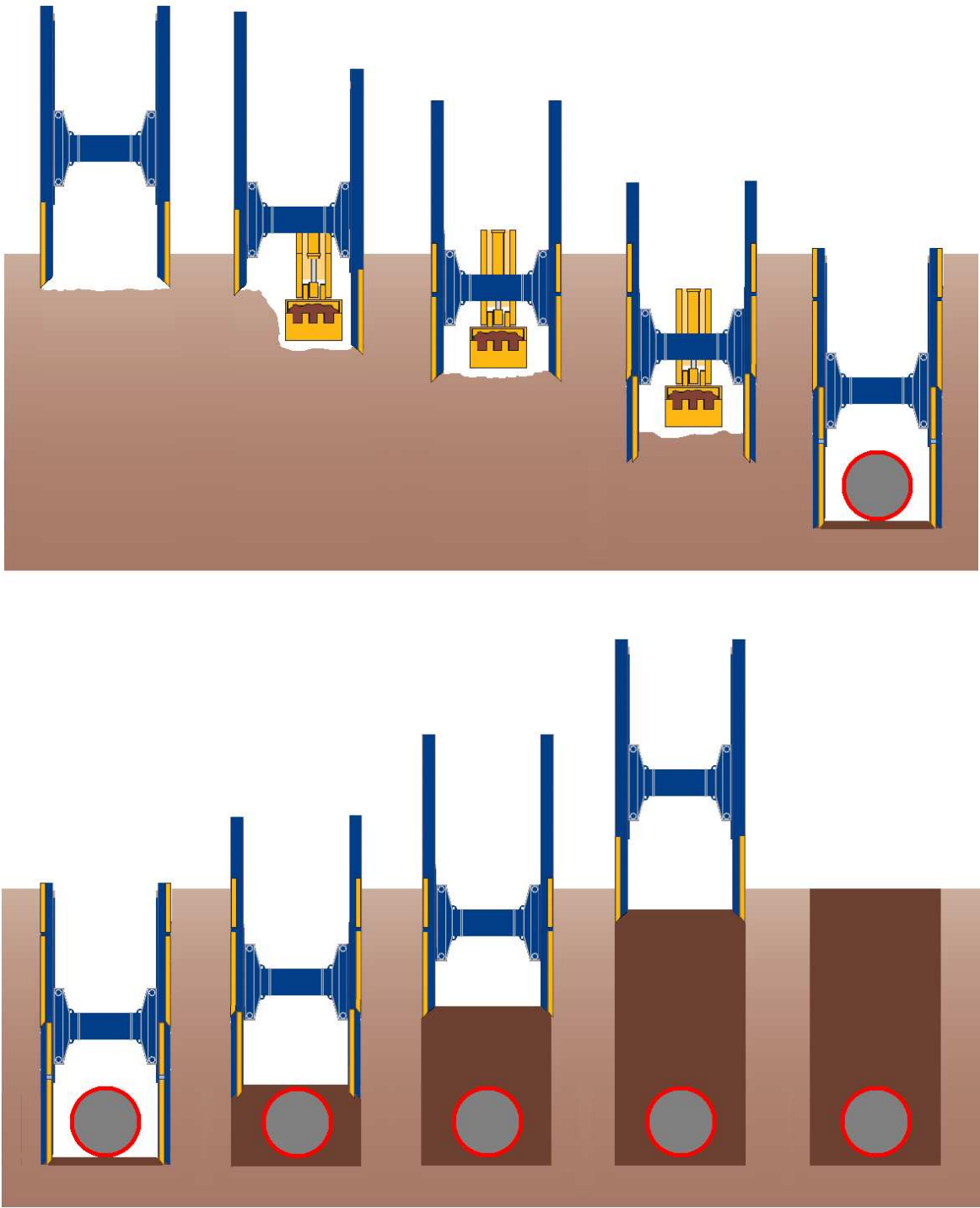
Presiones admisibles del terreno: $34,9 \text{ KN/m}^2$ - $140,0 \text{ KN/m}^2$

Fig. 4.3. Sección de Entibación con doble guía y sistema Monocodal de patines.



Fuente: Sistema de entibación, Iguazuri.

Fig. 4.4. Secuencia de Entibación con doble guía y sistema Monocodal de patines.



4.3. CÁMARAS Y TABLESTACAS

Este sistema es indicado para zanjas en las que se presentan repetidamente conducciones transversales. Los codales, las cámaras y las tablestacas forman una unidad de entibación conjunta que puede ir paralela a la excavación (ver figura 4.6). El modulo de cámaras guía de tablestacas constituye un abrazadera resistente que, situado en la parte superior de la zanja, soporta los empujes laterales transmitidos por el terreno.

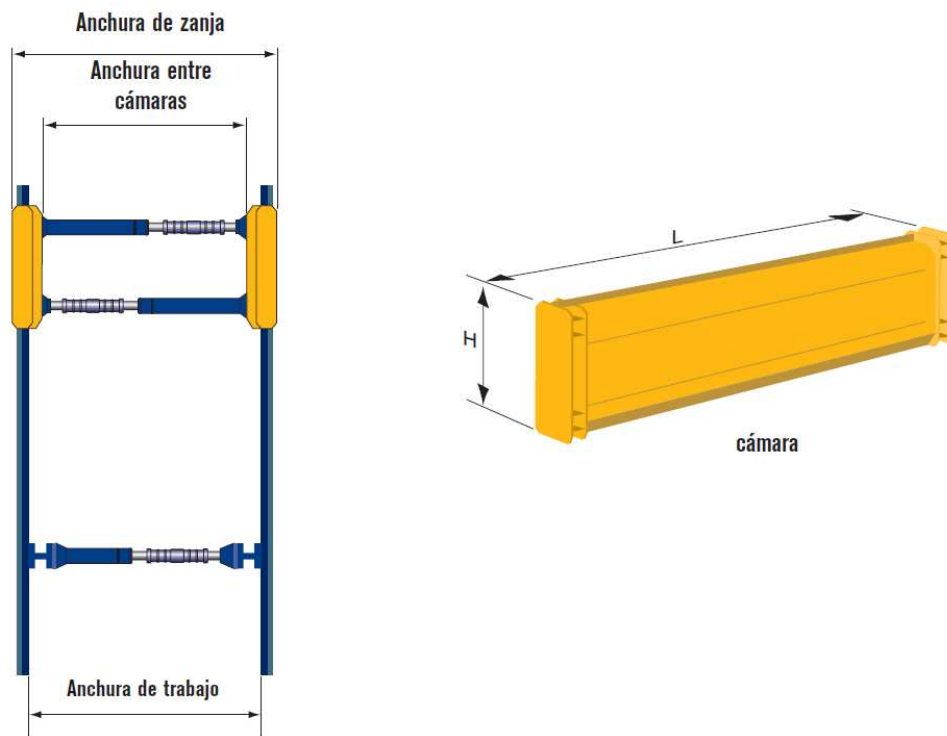
El guiado de las tablestacas es óptimo. Según la profundidad y el tipo de terreno, las tablestacas descienden por simple presión de la cuchara o por vibradora.

Ancho de zanja: de 1,0 m a 4,30 m.

Profundidad Máxima: 6,0 m.

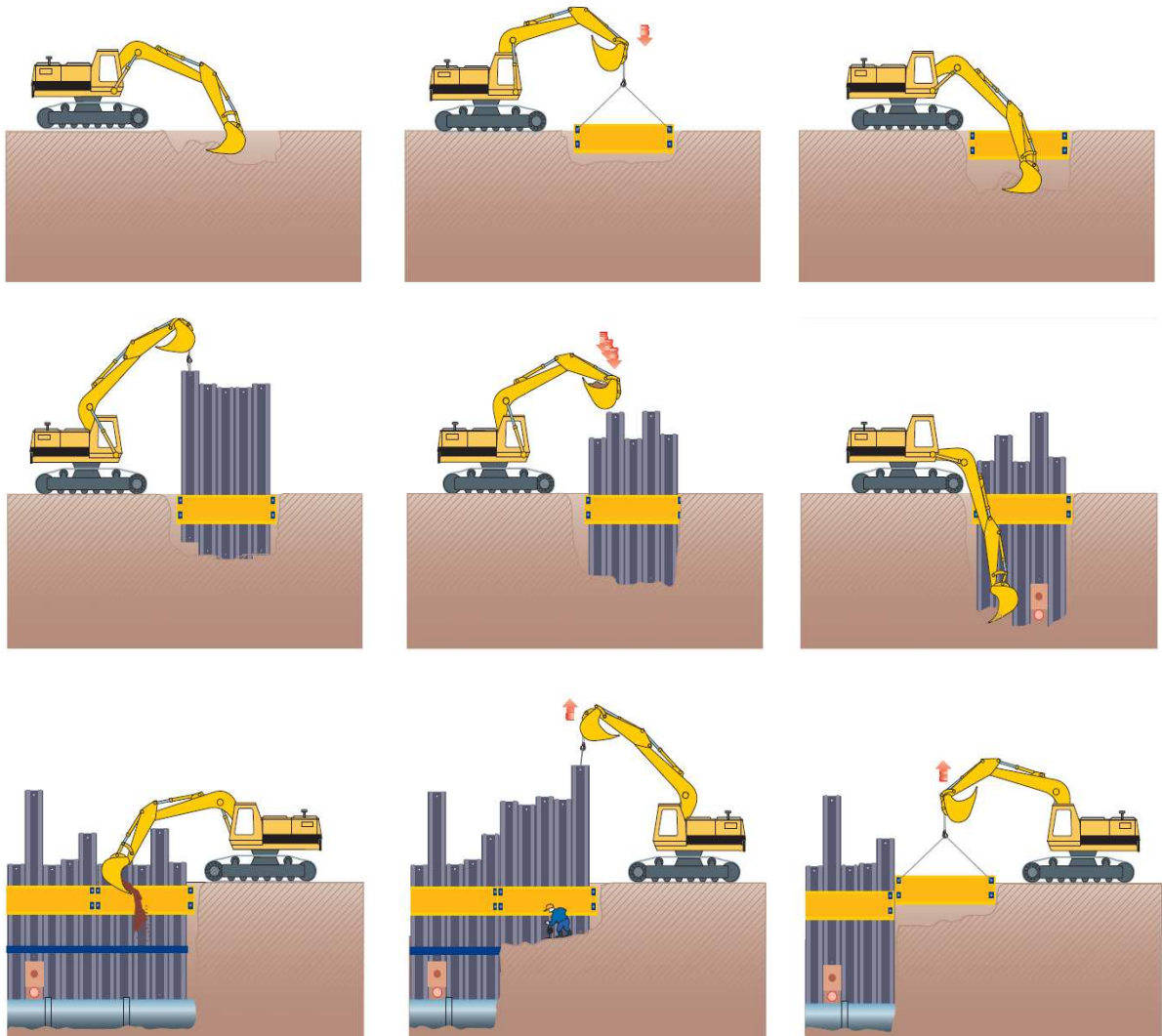
Longitud máxima de la cámara: 4,0 m

Figura 4.5. Sección de cámaras y Tablestacas



Fuente: Sistema de entibación, Iguazuri.

Figura 4.6. Secuencia de Entibación con cámaras y Tablestacas.



Fuente: Sistema de entibación, Iguazuri.

4.4. ENTIBADORA HIDRÁULICA PRESSBOX

La Entibadora Hidráulica es especial en lugares donde hay conducciones transversales, gran concentración de edificios y tráfico denso en los núcleos urbanos.



El principio de funcionamiento de la entibadora hidráulica Pressbox es muy simple, a medida que la excavación desciende, el accionamiento hidráulico baja las tablestacas de sección cerrada, las cuales poseen orificios y se anclan por medio de pasadores a este, asegurando las paredes de la excavación.

Debido a que es sistema se encuentra soportado con amortiguadores se garantiza un funcionamiento totalmente libre de sacudidas, golpes y vibraciones.

Ancho de zanja: de 1,7 m a 4,7 m.

Profundidad Máxima: 6,0 m.

Longitud (L): 6,0 m

Figura 4.7. Sección de Entibadora Hidráulica Pressbox.

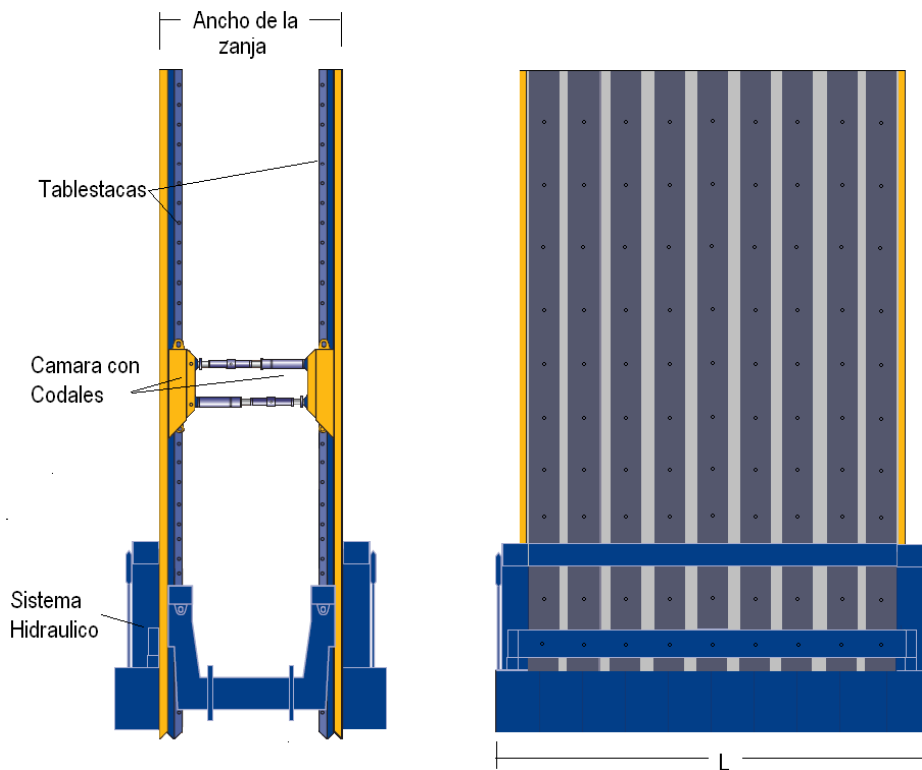


Figura 4.8. Secuencia de Entibado Hidráulico Pressbox.

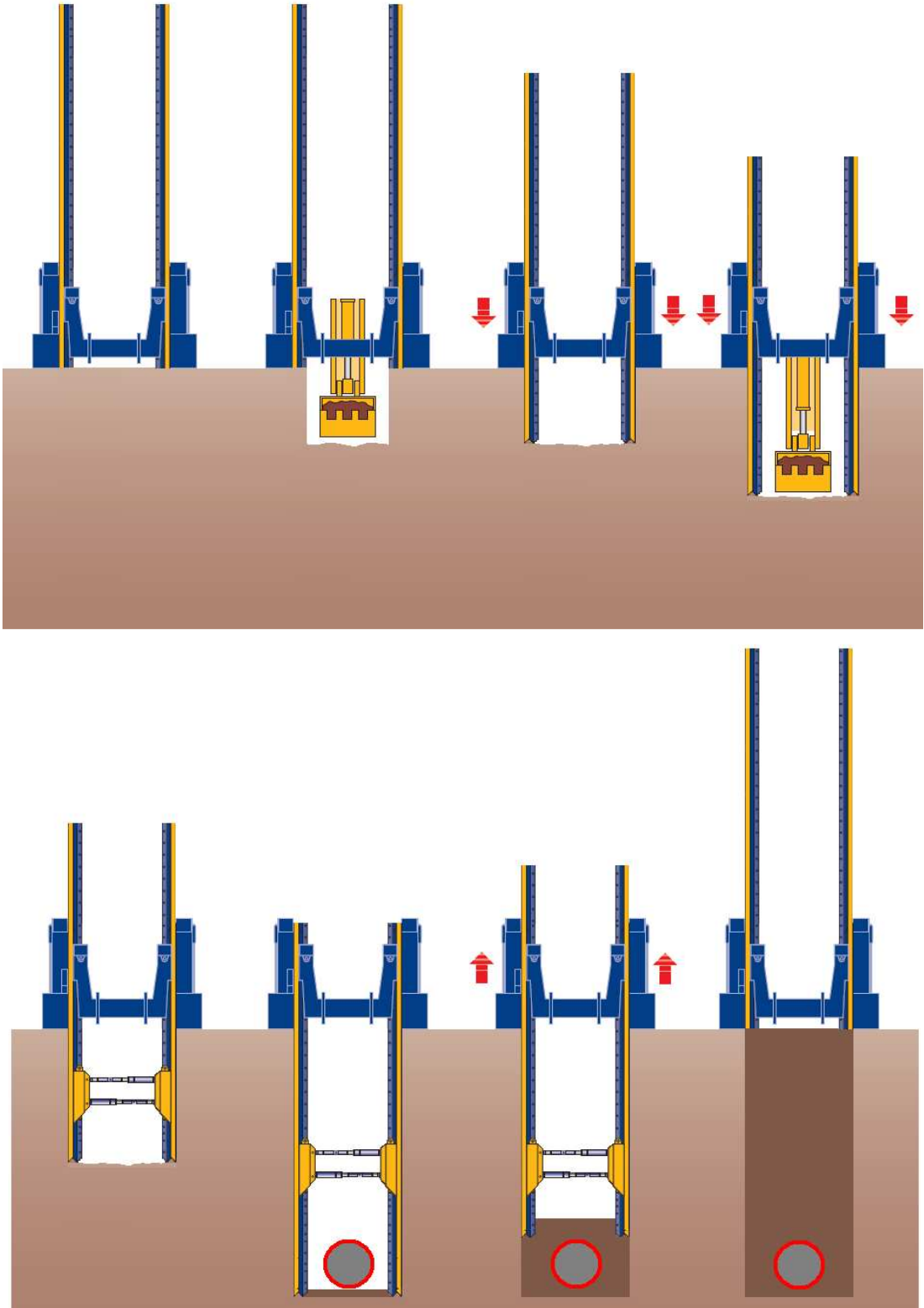
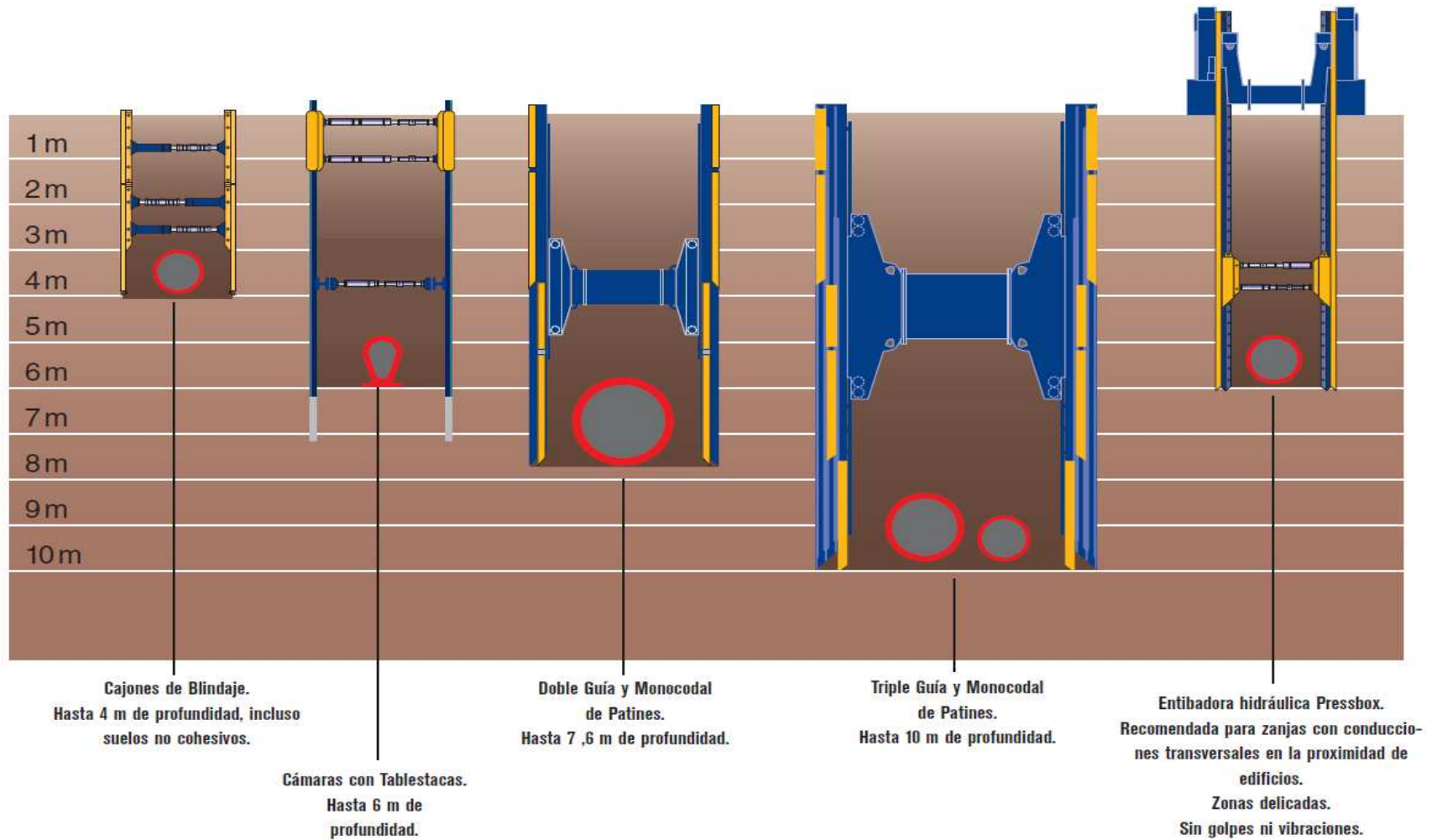


Figura 4.9. Sistemas de Entibados Especiales.



Fuente: Sistema de entibación, Iguazuri.

CAPITULO V: RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS

En las obras de alcantarillado que requieren grandes profundidades de excavación, se debe tener especial cuidado con la seguridad del personal que trabaja dentro de estas zanjas, ya que están expuestos a accidentes por diferentes razones (sepultamiento, caídas, golpes en la cabeza por rocas o herramientas, entre otros) y también se debe tomar las medidas necesarias para proteger las estructuras vecinas.

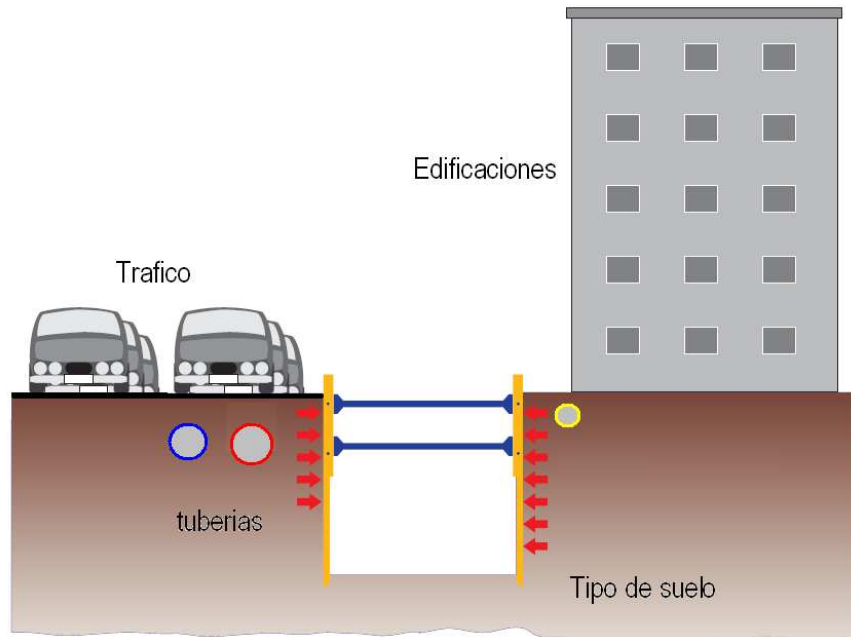
Para la realización de la obra se debe conocer previamente las condiciones del suelo donde se va a trabajar y el entorno donde se desarrollará para poder planificar un sistema de ejecución eficiente, además durante la obra se debe hacer un seguimiento constante de las excavaciones y su contención para evitar cualquier tipo de accidente.

5.1. RECOMENDACIONES ANTES DE EMPEZAR LA OBRA

Para llevar a cabo una buena ejecución del proyecto se deben prever ciertas variables como:

- ***El tipo de suelo:*** Es importante hacer sondeos que nos puedan mostrar las condiciones del terreno, si es arenoso o arcilloso, si hay nivel freático alto o no. Esto nos ayuda a prepararnos en el tipo de entibado y tipo bombeo (si es necesario) para afrontar las excavaciones.
- ***Redes tendidas en el subsuelo:*** En lo posible se debe requerir a las empresas de servicios públicos como el agua, teléfono, gas, electricidad, los planos de sus redes para evitar dañarlas o tener accidentes durante las excavaciones.

Figura 5.1. Entorno y condiciones de las excavaciones.



Fuente: Sistema de entibación, Iguazuri.

- **Estructuras adyacentes a la zanja:** Es necesario hacer una inspección del eje de la red en la que se identificara las estructuras que podrían verse afectadas como viviendas, negocios y además las vías que se deben intervenir para la realización del proyecto.

La parte vial es muy importante debido a que en ocasiones se cuenta con muy poco espacio, o son vías únicas de acceso, lo que puede complicar el rendimiento de la obra si no se realiza un plan de manejo vial adecuado (señales de peligro, reducción de velocidad, señales luminosas, paleteros, entre otros).

- **Capacitaciones al personal:** Es recomendable que se capacite a las personas que trabajan dentro de las zanjas para concientizarlos del uso de elementos de protección personal, los riesgos que se pueden presentar y como actuar en caso de emergencia.

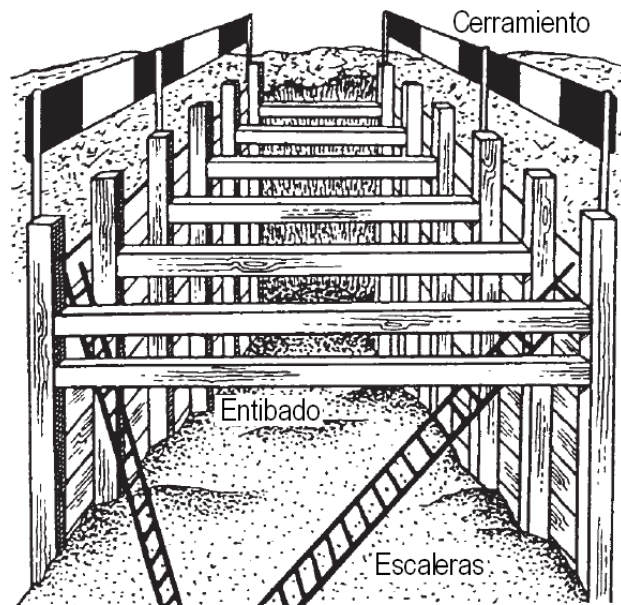
5.2. RECOMENDACIONES DURANTE LA OBRA

- **Cerramiento y señalización:** Se debe procurar mantener la obra aislada por medio de un cerramiento con tela de polipropileno, cinta de peligro, barandas u otro medio que evite que personas ajenas a la obra entren en esta y puedan llegar a tener accidentes.

La señalización es muy importante para los peatones y vehículos, ya que los alerta sobre los riesgos que pueden correr si sobrepasan el cerramiento de la obra.

La obra debe contar con diferentes señalizaciones como trabajo de maquinaria, reductores de velocidad, excavaciones profundas, que deben ir en lugares visibles y con suficiente distancia de la obra, para que las personas alcancen a reaccionar de manera adecuada. Además de estos se debe contar con paleteros en los extremos de la obra para ayudar a controlar el tráfico, estas personas deben contar con paletas de pare y siga, y de chalecos reflectantes.

Figura 5.2. Elementos de protección en las excavaciones.



Fuente: Seguridad, salud y bienestar en las obras de construcción, OIT.

- **Protección del Personal:** Es necesario que las personas que trabajan dentro de las zanjas cuenten con elementos de protección personal como gafas, casco, guantes, botas de seguridad, y arnés en casos donde las profundidades sean mayores a 4 m.

Figura 5.3. Elementos de protección personal para trabajos en excavaciones.



Cuando se trabaje en excavaciones poco ventiladas o de pozos muy profundos, se deben tomar las precauciones debidas para asegurar la presencia adecuada de oxígeno al interior de la excavación, y detectar la presencia de otros gases nocivos para la salud de los trabajadores adoptando las medidas pertinentes para su eliminación.

Las zanjas deben tener escaleras estables que rebasen en 1 metro el borde superior de la excavación para el ascenso y descenso de los trabajadores al fondo de la excavación. Las escaleras deben estar distanciadas entre sí a intervalos inferiores de 10 m.

En las zanjas se deben instalar rampas sólidas con barandas, de al menos 1.0 m de ancho utilizadas para el tránsito de personas y de materiales.

- **Excavaciones:** Durante las excavaciones el personal no puede estar dentro de la zanja y se debe conservar una distancia prudente de la maquina durante su funcionamiento (radio de giro del brazo de la maquina mas 2 m).

Las excavaciones se deben realizar de acuerdo a lo planeado en función del tipo de suelo y de las solicitaciones que deba soportar la zanja. Una vez terminada la excavación el personal se dispone a hacer el entibado. El personal puede ingresar al fondo de la zanja una vez ejecutado el entibado.

Si hay redes en el subsuelo estas se deben buscar manualmente tomando precauciones para evitar daños y lesiones a los trabajadores. Se debe tener especial cuidado con las redes de energía y de gas las cuales pueden causar graves accidentes.

En caso de romperse una red se debe llamar a la empresa pública de servicio para que ellos tomen las medidas necesarias.

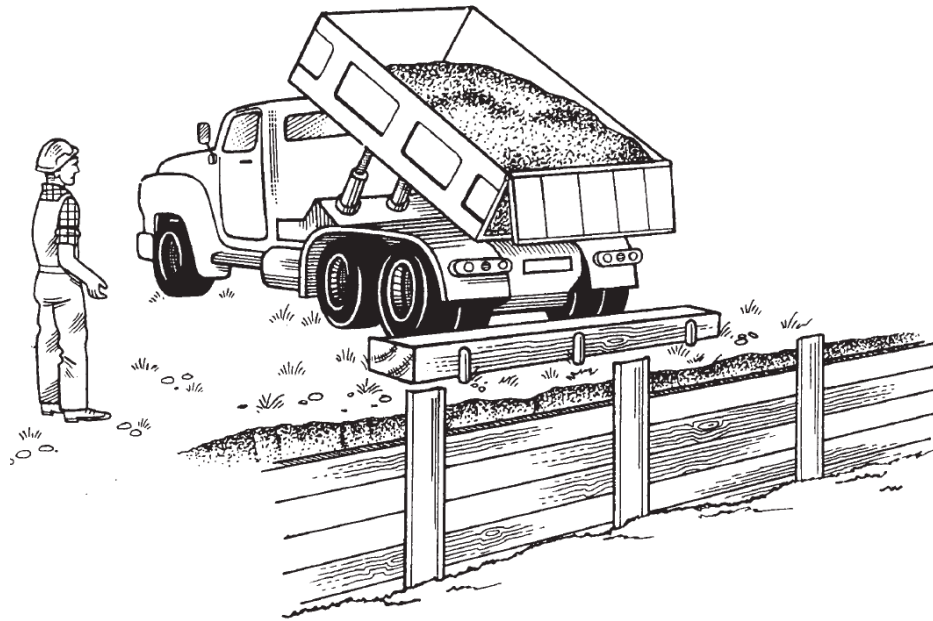
Si se encuentra nivel freático en la excavación este se debe rebajar para poder realizar las labores dentro de la zanja. El sistema de bombeo de estas aguas debe ser diseñado por un especialista en geotecnia para evitar la erosión del talud y su colapso.

- **Protecciones del talud:** El material de excavación no debe acopiarse en el borde de la zanja si este talud no ha sido acondicionado para soportar sobrecargas por medio de entibados. Si para el diseño de la contención del talud no se considero sobrecargas del material, éste se debe acopiar a una distancia mayor de $H/2$ (H =profundidad de la zanja) del borde de la zanja.

Se debe evitar en lo posible sobrecargas por maquinarias que se acerquen al borde de la zanja. El descargue de material de las volquetas se realizará a 1 m del borde de la zanja.

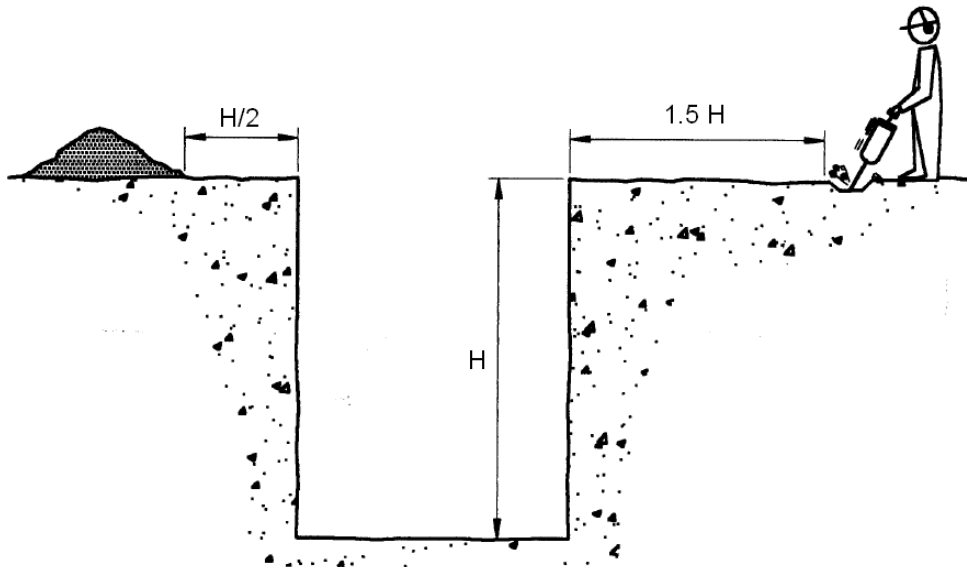
Las vibraciones producidas por equipos como los compresores deben estar alejados de la excavación $1.5 H$ (H =profundidad de la zanja)

Figura 5.4. Protección del talud evitando sobrecargas en el borde de la zanja.



Fuente: Seguridad, salud y bienestar en las obras de construcción, OIT.

Figura 5.5. Sobrecargas y vibraciones próximas a la zanja



NCh349.Of1999: Construcción – Disposiciones de seguridad en excavación

Las paredes del talud se deben proteger de las lluvias por medio de plástico o de mallas eléctrosoldadas y mortero de cemento lanzado para evitar el desmoronamiento o socavación.

- **Revisiones y controles:** Se debe efectuar una revisión diaria, por parte de un supervisor, de los taludes de la zanja, para advertir la posible aparición de grietas que pueden indicar alguna posible falla en el terreno.

Las excavaciones y entibaciones deben ser inspeccionadas después de una tormenta, de un fenómeno sísmico u otro suceso que ponga en peligro la estabilidad de los taludes de la zanja.

El entibado debe ser revisado diariamente antes de comenzar las labores para asegurarse que no se encuentren sueltos los puntales y que siga conservando sus características estructurales.

Las excavaciones y entibaciones deben ser revisadas por personas competentes antes de reanudar los trabajos después de un período prolongado de paralización de la obra.

- **Uso de maquinaria:** Cuando se efectuó el cargue y descargue de material con retroexcavadora se debe prohibir el paso de vehículos o peatones cerca a estas maniobras (radio de giro del brazo de la maquina mas 2 m).

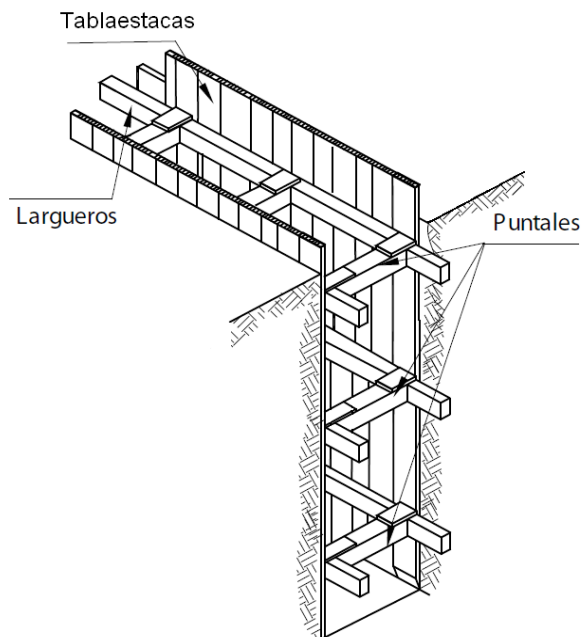
La maquinaria pesada que trabaje en la realización de las excavaciones debe contar con sistema de luces, alarma de retroceso y bocina, además de contar con una persona (paletero) para que ayude a dirigirla durante su maniobra. Esta persona debe estar pendiente de la maquinaria, peatones y vehículos.

CAPITULO VI: DISEÑO DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ENTIBADO

En los dos primeros capítulos estudiamos la forma de analizar las presiones laterales que se pueden generar en las excavaciones, y pudimos ver, que un factor muy importante es la profundidad del corte. Este manual está enfocado a excavaciones de zanjas gran profundidad (mayores a 4 m) debido a que son obras donde se corren altos riesgos, si no se estudian y se ejecutan de la manera adecuada.

Los entibados estarán sometidos a los empujes del terreno que se estimarán a partir de envolventes de distribución de presiones estudiadas en el capítulo 2, además de estos, el diseño de los entibados también deberá tomar en cuenta el efecto de las sobrecargas debidas al tráfico en la vía pública, al equipo de construcción, a las estructuras adyacentes y a cualquier otra carga que deban soportar las paredes de la excavación durante el período de construcción.

Figura 6.1. Elementos que conforman el entibado.



Fuente: Reglamento técnico de Diseño para el entibado de zanjas, NB 668.

6.1. DISEÑO DE PUNTALES

Los Punterales son columnas horizontales sometidas a compresión las cuales varían en sección y en material, dependiendo de las cargas laterales que deba soportar. Debido a que se comportan como columnas, éstas dependen de su relación de esbeltez la cual puede ser reducida con arriostramientos verticales y horizontales en puntos intermedios del elemento. La longitud de los punterales depende de los anchos de zanjas que se vayan a manejar dentro de la obra, los cuales están en función del diámetro de la tubería que se requiera instalar. Ver tabla 1

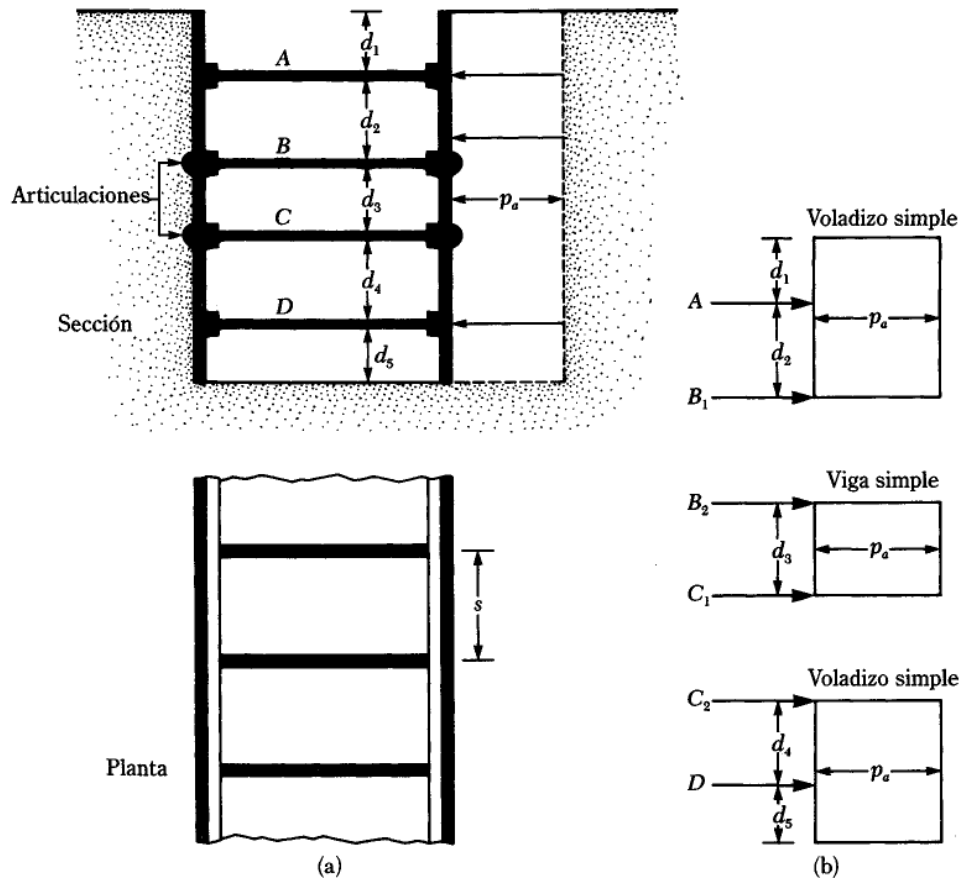
Para empezar a diseñar los punterales se debe tener la configuración geométrica, como la altura de la excavación, el ancho de la zanja, los niveles de los punterales y la separación horizontal (S) entre ellos; además tener identificado, con qué tipo de suelo vamos a trabajar, para escoger una envolvente de presión.

6.1.1. CALCULO DE LA CARGA DE LOS PUNTALES

Se analizará la forma de calcular las cargas que deben soportar cada puntal de la siguiente manera:

1. El nivel del primer puntal desde la superficie del terreno, se asumirá menor a 30 cm para cualquier tipo de suelo.
2. Como se observa en la figura 6.2, se debe dibujar la envolvente de presión que actuará sobre el entibado. Para analizar las cargas de cada puntal se deben articular los punterales excepto el primero y el último, los cuales formarán vigas en voladizo. Cada puntal resistirá una carga dependiendo del diagrama de fuerzas que se cree.

Figura 6.2. Diagrama de presiones para diseño de los puntales.



Fuente: Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja Das.

- Con el diagrama de fuerzas de cada sección se pueden hallar las reacciones con ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos ($\sum F = 0$, $\sum M = 0$). Teniendo A , B_1 , B_2 , C_1 , C_2 , D , y la separación (s) que hay entre los puntales, se podrá calcular la fuerza total que tiene que resistir cada uno de estos elementos.

- Se hallan las fuerzas totales de los puntales en cada nivel de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 P_A &= A \cdot s \\
 P_B &= (B_1 + B_2) \cdot s \\
 P_C &= (C_1 + C_2) \cdot s \\
 P_D &= D \cdot s
 \end{aligned}
 \tag{6.1}$$

6.1.2. DISEÑO DE LOS PUNTALES

6.1.2.1. Diseño a compresión en maderas

Para el diseño de los puntales se debe contar con maderas estructurales que puedan soportar los esfuerzos requeridos. La NSR-10 da un método de diseño a compresión que depende de las propiedades de las maderas, la esbeltez y factores de reducción del esfuerzo admisible, además propone diferentes especies de árboles que cuentan con un buen comportamiento estructural, definen sus módulos de elasticidad y esfuerzos admisibles a flexión, compresión, cortante y torsión. Estos datos son una buena base para el diseño de los puntales a compresión.

La carga admisible se puede calcular de la siguiente manera

$$P_a = F'_c \cdot A_n \quad (6.2)$$

P_a = Carga admisible en N

F'_c = Esfuerzo admisible modificado a compresión paralela al grano en MPa

A_n = Área neta de la sección transversal en mm²

$$F'_c = F^*_c \cdot C_p \quad (6.3)$$

F^*_c = Esfuerzo admisible a Compresión modificado

$$F^*_c = F_c C_D C_m C_t C_F C_{in} C_r \quad (6.4)$$

Daremos unos valores recomendados para estos coeficientes de modificación ($C_D, C_m...$) con los cuales se hará el diseño para cualquier tipo de sección de madera a compresión, utilizada como puntal en un entibado. Si se desea saber más acerca de estos factores se puede recurrir a la NSR-10, Título G, capítulo G.2

F_C = Esfuerzo admisible a Compresión. (ver tabla 6)

C_D = Coeficiente de Modificación por duracion de la carga = 1.25

C_m = Coeficiente de modificación por contenido de humedad = 1.00

C_t = Coeficiente de modificación de temperatura = 1.00

C_F = Coeficiente de modificación por forma = 1.00

C_{in} = Coeficiente de modificación por incisiones = 1.00

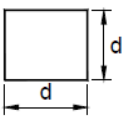
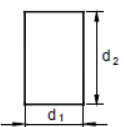

C_r = Coeficiente de modificación por acción de conjunto = 1.00

C_p = Coeficiente de estabilidad de columnas

$$C_p = \frac{1 + (F_{CE}/F^*_C)}{2C} - \sqrt{\left[\frac{1 + (F_{CE}/F^*_C)}{2C}\right]^2 - \frac{F_{CE}/F^*_C}{C}} \quad (6.5)$$


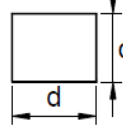
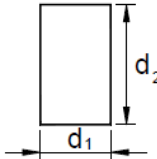
F_{CE} = Esfuerzo Critico

Valores de C y de F_{CE} Esfuerzo crítico

	Madera aserrada			Madera rolliza	Madera laminada
Sección			Cualquier sección		Laminada
C	0.80	0.80	0.80	0.85	0.90
F_{CE}	$\frac{0.822E'_{\min}}{\lambda^2}$	$\frac{0.822E'_{\min}}{\lambda_{1.2}^2}$	$\frac{\pi^2 E'_{\min}}{(\ell_e/r)^2}$	$\frac{0.822E'_{\min}}{\lambda^2}$	$\frac{0.822E'_{y\min}}{\lambda^2}$

λ = medida de esbeltez ≤ 50

Relación de esbeltez λ

Sección transversal				Cualquier sección
λ	$\frac{\ell_e}{0.866D}$	$\frac{\ell_{e1,2}}{d}$	$\frac{\ell_{e1}}{d_1} \frac{\ell_{e2}}{d_2}$	$\frac{\ell_e}{r\sqrt{12}}$

$$l_e = K_e l_u \quad (6.6)$$

$K_e =$ Coeficiente de Longitud efectiva = 1.0 "articulado en ambos extremos"

$l_u =$ Longitud no soportada lateralmente

$r =$ radio de giro = $\sqrt{I/A}$

A continuación se muestran unas tablas tomadas de la NSR-10 donde se muestran diferentes tipos de maderas estructurales con sus propiedades de Módulos de elasticidad y Esfuerzos.

Tabla 6: Esfuerzos admisibles para diferentes tipos de madera.

**Maderas Tipo "ES1" MPa
CH = 12%**

No.	Nombre Científico	Nombre Vulgar	DB	$E_{0,5}$	F_b	F_c	F_p	F_v	F_t
1	DIPTERYX OLEIFERA	CHOIBA	0.850	23 300	29.6	24.6	7.3	2.7	22.2
2	MYROXYLON BALSAMUN	BALSAMO	0.810	19 160	29.9	26.8	7.8	3.2	22.4
3	LICANIA SP.	AMBURE PICHANGILLO	0.766	23 100	32.5	26.0	7.2	2.5	24.4
5	PELTOGYNE PORPHYROCORDIA	NAZARENO	0.890	19 900	29.6	26.4	7.1	3.5	22.2
6	ESCHWEILERA PITTIERI	COCO MANTECO	0.744	21 700	31.9	23.4	8.2	2.0	23.8
VALORES DE DISEÑO ASUMIDOS				18 000	29.5	23.0	6.0	2.0	21.0

Valores de diseño asumidos

$E_{0,5}$ 18 000

$E_{0,05}$ 13 250

E_{min} 7 130

F_b = esfuerzo admisible a flexión, en MPa

F_c = esfuerzo admisible a compresión paralela en MPa

F_p = esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra, en MPa

F_v = esfuerzo admisible a cortante paralelo a la fibra, en MPa

F_t = esfuerzo admisible a tensión paralela a la fibra, en MPa

**Maderas Tipo "ES2" MPa
CH = 12%**

No.	Nombre Científico	Nombre Vulgar	DB	$E_{0,5}$	F_b	F_c	F_p	F_v	F_t
1	CLATHROTROPIS BRACHYPETALA	SAPAN	0.820	24 600	33.3	26.8	4.5	2.2	25.0
2	TUBEBUA SERRATIFOLIA	GUAYACAN POLVILLO	0.920	22 100	29.6	25.1	5.4	2.3	22.2
3	HUMIRIA BALSAMIFERA	OLOROSO	0.680	19 500	28.7	23.7	6.1	2.4	21.5
4	GOUPIA GLABRA	PIAUNDE	0.679	22 100	29.5	25.2	5.4	2.3	22.1
6	MANILKARA BIDENTATA	BALATA NISPERILLO	0.870	24 300	31.8	22.5	5.5	2.8	23.9
10	ESCHWEILERA SP	TETE CONGO	0.728	24 500	32.8	26.5	4.9	2.2	24.6
11	POUTERIA SP	PIASTE CAIMITO	0.754	25 600	35.2	28.2	5.2	2.0	26.4
12	LICANIA SP	AMBURE CUERO SAPO	0.759	24 100	35.0	26.8	5.2	2.7	26.3
VALORES DE DISEÑO ASUMIDOS				18 000	28.5	22.0	4.3	2.0	20.0

**Maderas Tipo "ES3" MPa
CH = 12%**

No.	Nombre Científico	Nombre Vulgar	DB	$E_{0,5}$	F_b	F_c	F_p	F_v	F_t	
1	HYMENAEA COURMARIL L	ALGARROBO	0.77	16 300	25.2	24.3	3.9	3.2	18.9	
2	ASPIDOPERMA DUGANDI STAND	CARRETO	0.77	16 800	29.0	22.4	4.9	3.0	21.8	
5	ANDIRA SP	PALO PALMA	0.630	17 800	23.0	20.3	5.2	1.8	17.2	
10	DIALIUM GUIANENSE	TAMARINDO	0.880	17 500	31.9	25.3	7.5	3.7	23.9	
13	ORMOSIA SP	PALMILLO	0.716	20 100	30.8	22.4	5.6	1.7	23.1	
15	STERCULIA CARIBAEA	VARA DE INDIO	0.760	22 300	29.9	20.3	4.6	1.7	22.4	
17	CHLOROPHORA TINCTORIA	DINDE PALO MORA	0.710	15 200	23.4	22.5	3.7	1.7	17.6	
19	SACOGLOTIS SPROSARA	CHANUL	0.69	18 300	24.4	21.0	3.4	1.8	18.3	
21	PSEUDOLMEDIA SP	LECHEVIVA	0.663	16 700	23.7	20.8	4.6	1.6	17.7	
22	MABEA BIGLANDULOSA AFF.	TINGUI -TINGUI	0.570	18 200	24.6	20.3	4.9	1.6	18.5	
VALORES DE DISEÑO					14 000	23.0	19.0	3.8	1.6	17.0

Valores de diseño asumidos

$E_{0,5}$ 14 000

$E_{0,05}$ 11 000

E_{min} 5 500

F_b = esfuerzo admisible a flexión, en MPa

F_c = esfuerzo admisible a compresión paralela en MPa

F_p = esfuerzo admisible a compresión perpendicular a la fibra, en MPa

F_v = esfuerzo admisible a cortante paralelo a la fibra, en MPa

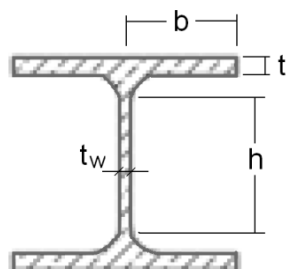
F_t = esfuerzo admisible a tensión paralela a la fibra, en MPa

Fuente: NSR-10, Titulo G: Estructuras de Madera y estructuras de Guadua.

6.1.2.2. Diseño a compresión en Acero

El diseño de los puntales en acero se realizara según la NSR-10, Titulo F: Estructuras Metálicas, haciendo un análisis de pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos.

Para el diseño de puntales utilizaremos perfiles H que cumplan con las siguientes relaciones de esbeltez:



$$\frac{b}{t} \leq 0.56 \sqrt{E/F_y} \quad (6.7)$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.49 \sqrt{E/F_y}$$

La carga a compresión se calcula con la siguiente expresión

$$P_u = \phi_c P_n \quad (6.8)$$

P_u = Resistencia Última a compresión

P_n = Resistencia Nominal a compresión

ϕ_c = Factor de reducción = 0.9

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (6.9)$$

F_{cr} = Esfuerzo de pandeo por Flexión

A_g = Area bruta de la sección

Donde el F_{cr} se calcula de la siguiente forma:

$$a) \text{ Cuando } \frac{Kl}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ó } (F_e \geq 0.44F_y) , \quad F_e = \frac{\pi^2 E}{(Kl/r)^2}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} \\ = [0.658^{F_y/F_e}] F_y \end{aligned} \quad (6.10)$$

$$a) \text{ Cuando } \frac{Kl}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ ó } (F_e < 0.44F_y)$$

$$\begin{aligned} F_{cr} \\ = 0.877 F_e \end{aligned} \quad (6.11)$$

K = Factor de Longitud efectiva = 1

l = Longitud no arriostrada del miembro , mm

r = radio de giro = $\sqrt{I/A}$, mm

F_y = esfuerzo de fluencia del acero, MPa = 420

F_e = Esfuerzo de pandeo elastico , MPa

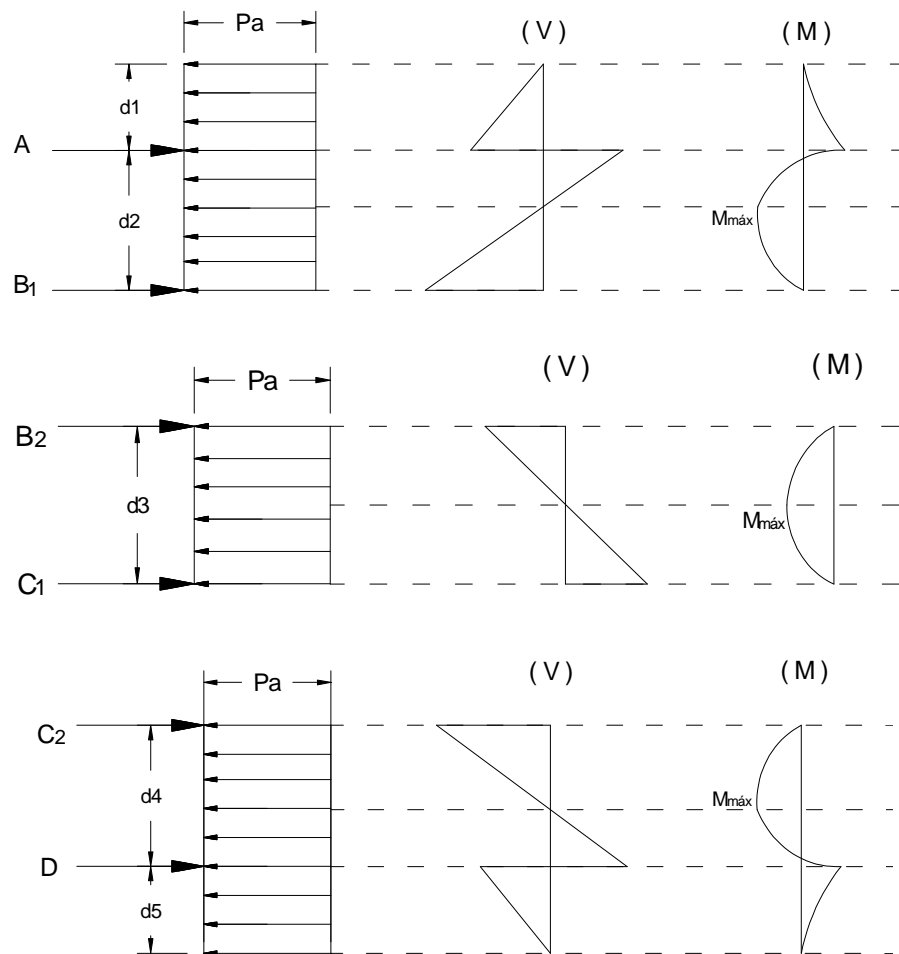
E = Modulo de elasticidad del acero, MPa = 200000

Teniendo F_{cr} y P_n , podemos entrar a las tablas de propiedades de perfiles a buscar un área bruta de acero A_g . Se recomiendan unos perfiles en la tabla 7 que no presentan elementos esbeltos.

6.2. DISEÑO DE TABLESTACAS

Las tablestacas son elementos verticales en madera, acero o concreto, sometidos a flexión que transfieren la carga lateral desde el suelo hasta los puntales. Estos elementos son diseñados con los diagramas de presiones que se muestran en la figura 6.3, calculando los momentos máximos ($M_{m\acute{a}x}$) que se presentan en cada sección.

Fig. 6.3. Cálculo de $M_{m\acute{a}x}$ para el diseño de tablestacas.



Teniendo los momentos máximos de cada sección escogemos el mayor entre estos y calculamos el *modulo de sección (S)*.

$$S = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} \quad (6.12)$$

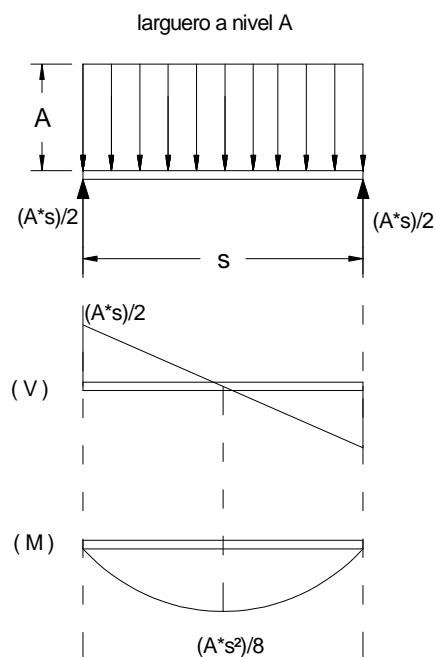
σ_{adm} = *esfuerzo admisible de flexi3n del material de la tablaestaca*

Con el modulo de secci3n calculado, vamos a las tablas de propiedades de secciones (capitulo 6.4) y escogemos una secci3n que tenga igual o mayor modulo de secci3n que el requerido.

6.3. DISEÑO DE LARGUEROS

Los Largueros son elementos horizontales que trabajan a flexi3n y se considera que est3n articulados en los puntales. Para el diseo de estos miembros se calcular3 el momento m3ximo ($M_{m\acute{a}x}$) como una viga sometida a una carga distribuida articulada en los dos extremos. La figura 6.4 muestra la forma de analizar el larguero para el nivel A y de igual manera se deben calcular los dem3s largueros de los otros niveles. Las ecuaciones para cada nivel son:

Fig. 6.4. C3lculo de $M_{m\acute{a}x}$ para el diseo Largueros.



$$\begin{aligned} \text{Al nivel A, } M_{m\acute{a}x} &= \frac{A \cdot s^2}{8} \\ \text{Al nivel B, } M_{m\acute{a}x} &= \frac{(B_1 + B_2) \cdot s^2}{8} \\ \text{Al nivel C, } M_{m\acute{a}x} &= \frac{(C_1 + C_2) \cdot s^2}{8} \\ \text{Al nivel D, } M_{m\acute{a}x} &= \frac{D \cdot s^2}{8} \end{aligned} \quad (6.13)$$

Donde A, B_1, B_2, C_1, C_2, D , son las reacciones bajo los puntales por unidad de longitud.

Teniendo los momentos máximos podemos calcular el modulo de sección (S) para cada larguero y escoger una sección que tenga esta propiedad mayor o igual a la requerida.

$$S = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} \quad (7.16)$$

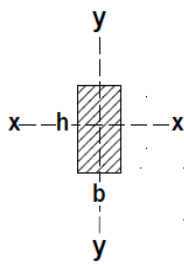
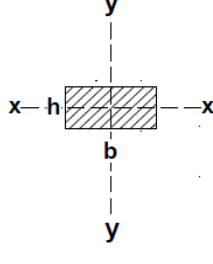
Con el modulo de sección calculado, vamos a las tablas de propiedades de secciones (capitulo 6.4) y escogemos una sección que tenga igual o mayor modulo de sección que el requerido.

6.4. TABLAS DE PROPIEDADES DE SECCIONES EN MADERA Y ACERO

6.4.1. SECCIONES EN MADERA

Tabla 7: Propiedades de secciones de madera.

Escuadria en cm	Perímetro cm	Área cm ²	CASO A		CASO B	
			Módulo de Sección Z, cm ³	Momento de Inercia I cm ⁴	Módulo de Sección Z, cm ³	Momento de Inercia I cm ⁴
Mesa 20 x 20	80	400	1333	13.333	333	13.333
Viga 10 x 20	60	200	667	6667	667	1667
Planchón 5 x 20	50	100	333	3333	83	208
Cerco 10 x 10	40	100	167	833	167	833
Repisa 5 x 10	30	50	83	417	42	104
Cuartón 5 x 5	20	25	21	52	21	52
Listón 2,5 x 5	15	12.5	10	26	5	7
Mesa 25 x 25	100	625	2604	32.552	2604	32.552
Viga 12 x 25	74	300	1250	15.625	600	3600
Planchón 6 x 25	62	150	625	7813	150	450
Cerco 12 x 12	48	144	288	1728	288	1728
Repisa 6 x 12	32	72	144	864	72	216
Cuartón 6 x 6	24	36	36	108	36	108
Listón 3 x 6	18	18	18	54	9	13
Mesa 30 x 30	120	900	4500	67.500	4500	67.500
Viga 15 x 30	90	450	2250	33.750	1125	8437
Planchón 7,5 x 30	70	150	1125	11.250	281	1055
Cerco 15 x 15	60	225	562	4219	562	4219
Repisa 7,5 x 15	45	112	281	2109	141	527
Cuartón 7,5 x 7,5	30	56	70	264	70	264
Listón 3,7 x 7,5	22.5	28	35	132	18	33

<p>Notas:</p> <p>1. Aproximación $< 0.5 = 0$ $> 0.5 = 1$</p> <p>2. Módulo de Sección $z = \frac{(bd)^2}{6}$</p> <p>3. Momento de Inercia $z = \frac{(bd)^3}{12}$</p>	 <p>CASO A</p>	 <p>CASO B</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: NSR-10, Título G: Estructuras de Madera y estructuras de Guadua.

6.4.2. SECCIONES METÁLICAS

Tabla 8: propiedades de secciones IPN

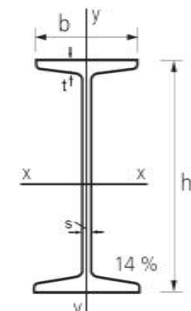
I.P.N.	Dimensiones				n A cm ²	Peso G kg/m	Valores estáticos						ESQUEMA
	h mm	b mm	s mm	t mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	S _x cm ³	S _y cm ³	r _x cm	r _y cm	
80	80	42	3,9	5,9	7,5	5,90	78	6	20	3	3,20	0,91	
100	100	50	4,5	6,8	10,6	8,30	171	12	34	5	4,01	1,07	
120	120	58	5,1	7,7	14,2	11,10	328	22	55	7	4,81	1,23	
140	140	66	5,7	8,6	18,2	14,30	573	35	82	11	5,61	1,40	
160	160	74	6,3	9,5	22,8	17,90	935	55	117	15	6,40	1,55	
180	180	82	6,9	10,4	27,9	21,90	1450	81	161	20	7,20	1,71	
200	200	90	7,5	11,3	33,4	26,20	2140	117	214	26	8,00	1,87	
220	220	98	8,1	12,2	39,5	31,10	3060	162	278	33	8,80	2,02	
240	240	106	8,7	13,1	46,1	36,20	4250	221	354	42	9,59	2,20	
260	260	113	9,4	14,1	53,3	41,90	5740	288	442	51	10,40	2,32	
280	280	119	10,1	15,2	61,0	47,90	7590	364	542	61	11,10	2,45	
300	300	125	10,8	16,2	69,0	54,20	9800	451	653	72	11,90	2,56	
320	320	131	11,5	17,3	77,7	61,00	12510	555	782	85	12,70	2,67	
340	340	137	12,2	18,3	86,7	68,00	15700	674	923	98	13,50	2,80	
360	360	143	13,0	19,5	97,0	76,10	19610	818	1090	114	14,20	2,90	
380	380	149	13,7	20,5	107,0	84,00	24010	975	1260	131	15,00	3,02	
400	400	155	14,4	21,6	118,0	92,40	29210	1160	1460	149	15,70	3,13	
425	425	163	15,3	23,0	132,0	104,00	36970	1440	1740	176	16,70	3,30	
450	450	170	16,2	24,3	147,0	115,00	45850	1730	2040	203	17,70	3,43	
475	475	178	17,1	25,6	163,0	128,00	56480	2090	2380	235	18,60	3,60	
500	500	185	18,0	27,0	19,0	141,00	68740	2480	2750	268	19,60	3,72	
550	550	200	19,0	30,0	212,0	165,00	99180	3490	3610	349	21,60	4,02	
600	600	215	21,6	32,4	254,0	199,00	139000	4670	4630	434	23,40	4,30	

Tabla 9: propiedades de secciones HEB

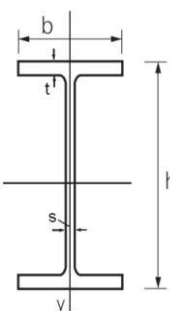
H.E.B.	Dimensiones				Sección A cm ²	Peso G kg/m	Valores estáticos						ESQUEMA
	h mm	b mm	s mm	t mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	S _x cm ³	S _y cm ³	r _x cm	r _y cm	
100	100	100	6,0	10,0	26,0	20,40	450	167	90	34	4,16	2,53	
120	120	120	6,5	11,0	34,0	26,70	864	318	144	53	5,04	3,06	
140	140	140	7,0	12,0	43,0	33,70	1510	550	216	79	5,93	3,58	
160	160	160	8,0	13,0	54,5	42,60	2490	889	311	111	6,76	4,04	
180	180	180	8,5	14,0	65,3	51,20	3830	1360	426	151	7,66	4,56	
200	200	200	9,0	15,0	78,0	61,30	3900	2000	570	200	7,07	5,06	
220	220	220	9,5	16,0	91,0	71,50	8090	2840	736	258	9,43	5,59	
240	240	240	10,0	17,0	106,0	83,20	11260	3920	938	327	10,31	6,08	
260	260	260	10,0	17,5	118,0	93,00	14920	5130	1150	395	11,24	6,59	
280	280	280	10,5	18,0	131,0	103,00	19270	6590	1380	471	12,13	7,09	
300	300	300	11,0	19,0	149,0	117,00	25170	8560	1680	571	13,00	7,58	
320	320	300	11,5	20,5	161,0	127,00	30820	9240	1930	616	13,84	7,58	
340	340	300	12,0	21,5	171,0	134,00	36650	9690	2160	646	14,64	7,53	
360	360	300	12,5	22,5	181,0	142,00	43190	10140	2400	676	15,45	7,48	
400	400	300	13,5	24,0	198,0	155,00	57680	10820	2880	721	17,07	7,39	
450	450	300	14,0	26,0	218,0	171,00	79890	11720	3550	781	19,14	7,33	
500	500	300	14,5	28,0	239,0	187,00	107200	12620	4290	842	21,18	7,27	

Tabla 10: propiedades de secciones de tablestacas Tipo U

Sección	Ancho	Altura	Espesor		Área de sección	Masa		Momento de Inercia	Módulo elástico de sección	Momento estático	Módulo plástico de sección
	b	h	t	s		kg/m de pila	kg/m ²				
	mm	mm	mm	mm	cm ² /m	individual	de pared	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ² /m	cm ² /m
AU 14	750	408	10	8,3	132	77,9	104	28710	1410	820	1663
AU 16	750	411	11,5	9,3	147	86,3	115	32850	1600	935	1891
AU 17	750	412	12	9,7	151	89	119	34270	1665	975	1968
AU 18	750	441	10,5	9,1	150	88,5	118	39300	1780	1030	2082
AU 20	750	444	12	10	165	96,9	129	44440	2000	1155	2339
AU 21	750	445	12,5	10,3	169	99,7	133	46180	2075	1200	2423
AU 23	750	447	13	9,5	173	102,1	136	50700	2270	1285	2600
AU 25	750	450	14,5	10,2	188	110,4	147	56240	2500	1420	2866
AU 26	750	451	15	10,5	192	113,2	151	58140	2580	1465	2955
PU 6	600	226	7,5	6,4	97	45,6	76	6780	600	340	697
PU 8	600	280	8	8	116	54,6	91	11620	830	480	983
PU 12	600	360	9,8	9	140	66,1	110	21600	1200	715	1457

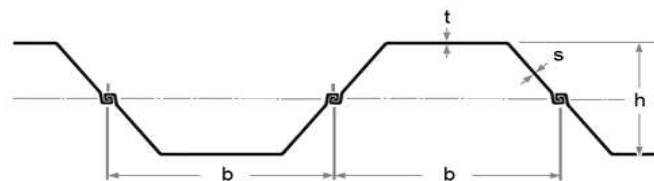
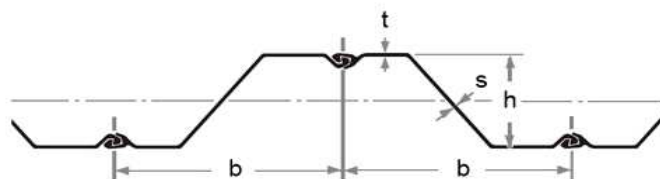


Tabla 11: propiedades de secciones de tablestacas Tipo Z

Sección	Ancho	Altura	Espesor		Área de sección	Masa		Momento de Inercia	Módulo elástico de sección	Momento estático	Módulo plástico de sección
			t	s		kg/m de pila	kg/m ² de pared				
	b	h	mm	mm	cm ² /m	individual	de pared	cm ⁴ /m	cm ³ /m	cm ² /m	cm ² /m
AZ 12	670	302	8,5	8,5	126	66,1	99	18140	1200	705	1409
AZ 13	670	303	9,5	9,5	137	72	107	19700	1300	765	1528
AZ 14	670	304	10,5	10,5	149	78,3	117	21300	1400	825	1651
AZ 17	630	379	8,5	8,5	138	68,4	109	31580	1665	970	1944
AZ 18	630	380	9,5	9,5	150	74,4	118	34200	1800	1050	2104
AZ 19	630	381	10,5	10,5	164	81	129	36980	1940	1140	2275
AZ 25	630	426	12	11,2	185	91,5	145	52250	2455	1435	2873
AZ 26	630	427	13	12,2	198	97,8	155	55510	2600	1530	3059
AZ 28	630	428	14	13,2	211	104,4	166	58940	2755	1625	3252
AZ 34	630	459	17	13	234	115,5	183	78700	3430	1990	3980
AZ 36	630	460	18	14	247	122,2	194	82800	3600	2100	4196
AZ 38	630	461	19	15	261	129,1	205	87080	3780	2210	4417
AZ 46	580	481	18	14	291	132,6	229	110450	4595	2650	5295
AZ 48	580	482	19	15	307	139,6	241	115670	4800	2775	5553
AZ 50	580	483	20	16	322	146,7	253	121060	5015	2910	5816



CONCLUSIONES

- En nuestro entorno los sistemas de contención de zanjas son poco habituales lo que genera grandes riesgos al personal y afecta la integridad de las estructuras adyacentes a la obra, debido a esto se debe crear una conciencia en donde prime La Seguridad de las Personas utilizando sistemas de entibados, que tienen muchos beneficios en el rendimiento y mejora los procesos constructivos.
- Actualmente en Europa y Estados Unidos se utilizan sistemas especializados de entibados diseñados para soportar las peores condiciones que se puedan encontrar a la hora de realizar zanjas profundas. Estos sistemas se están empezando a emplear en algunos proyectos grandes en Colombia teniendo muy buenos resultados.
- El manual es una buena base donde se puede consultar diferentes sistemas de entibados, las recomendaciones de seguridad y además la hoja de cálculo da un diseño rápido y aproximado de los elementos que conforman estos sistemas de contención de zanjas.

BIBLIOGRAFÍA

- BRAJA M, Das. Principios de Ingeniería de Cimentación. Cuarta Edición. México. Editores Thomson. 2001. 862p.
- CASTELLANOS, Andrés y SERRANO, Andrés. "Excavaciones a Cielo Abierto, métodos de Análisis y Procesos Constructivos". Trabajo de Grado para Ingeniero Civil. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil. 2009. 246p.
- GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DEL TRABAJO E INMIGRACIÓN, INSTITUTO DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO. Normas Tecnológicas de la Edificación, NTE-ADZ/1976: "Acondicionamiento del terreno, Desmontes: Zanjas y pozos". Madrid: El instituto. Primera Edición. 1976. 17p.
- GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DEL TRABAJO E INMIGRACIÓN, INSTITUTO DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL TRABAJO. Notas Técnicas de Prevención, NTP. Madrid: El instituto. Primera edición. 10p.
- HERRICK, Robert F. capítulo 31: Protección Personal. En: Organización Internacional del Trabajo, OIT. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Tercera Edición. Subdirección General de Publicaciones. 2001. P. 31.1-31.32.
- INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, INN. Norma Chilena Oficial, Nch349.Of1999, "Construcción-Disposiciones de seguridad en excavación". Primera Edición. Chile: El instituto. 1999. 23p.
- INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD. Norma Nacional Boliviana, NB 688. Reglamento Técnico de Diseño para el Entibado de Zanjas. Bolivia: El instituto. Tercera Edición. 2007. 28p.

- RINGEN, Knut y SEGAL, Jane L. y WEEKS, James L., capítulo 93: Construcción. En: Organización Internacional del Trabajo, OIT. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Tercera Edición. Subdirección General de Publicaciones. 2001. P. 93.1-93.60
- SUAREZ, Jaime. Capítulo 5: Pernos, Clavos y Micropilotes En: Deslizamientos: “Técnicas de remediación”. Primera Edición. Bucaramanga: Editorial UIS. 2009. p.173-210.
- SUAREZ, Jaime. Capítulo 7: Estructuras Enterradas. En: Deslizamientos: “Técnicas de remediación”. Primera Edición. Bucaramanga: Editorial UIS. 2009. p.239-268.
- SBH TIEFBAUTECHNIK/ IGUAZURI. Sistemas de Entibación: Tecnología Moderna para la entibación de zanjas. Segunda Edición. 2009. 36p.
- VALLADARES, Henrique. “Calculo y Diseño de Entibaciones para Excavaciones en Profundidad”. Trabajo de Grado para Ingeniero Constructor. Valdivia-Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Construcción Civil. 2007. 146p.

ANEXO 1. DISEÑO DE ENTIBADOS UTILIZANDO EL PROGRAMA

Ejercicio 1

DISEÑO DE ENTIBADO CONVENCIONALES EN MADERA

Este programara servirá para hacer el calculo de entibados convencionales en maderas, para profundidades menores de 4,5 m, anchos no mayores a 2 m y niveles freáticos por debajo de la excavación o rebajado por medio de drenes.

DATOS INICIALES DEL SUELO

Los datos iniciales del suelo deben ser calculados por medio de ensayos de laboratorio a muestras tomadas en sondeos, los cuales nos den datos apropiados para el diseño de los elementos que componen el entibado.

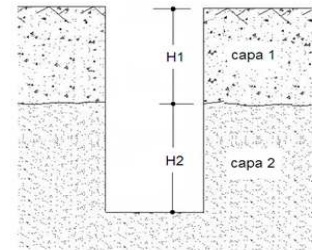
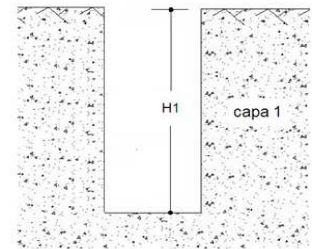
Se pueden trabajar 1 o 2 capas dependiendo de las condiciones del suelo. Las casillas que se encuentran en verde son los datos que debe suministrar el usuario.

- Las alternativas para trabajar con una capa son: arcilla y 0, arena y 0 *
- Las alternativas para trabajar con dos capas son: arcilla y arcilla, arcilla y arena, arena y arcilla, arena y arena

* nota: cuando se trabaje con una sola capa, todos los datos de la capa 2 debe ser igual a cero

capa 1	arena
γ_m [ton / m ³]	1,60
C [ton / m ²]	0,00
ϕ [Grados]	30,00
Q_u [ton / m ²]	8,00
H1 [m]	2,50

capa 2	arcilla
γ_m [ton / m ³]	1,60
C [ton / m ²]	3,00
ϕ [Grados]	30,00
Q_u [ton / m ²]	4,00
H2 [m]	2,00



DATOS DE LA EXCAVACIÓN

B [m]	2	→ Ancho de la zanja
Ht [m]	4,50	→ Profundidad total

DATOS PROMEDIO DE LAS CAPAS Y CALCULO DE \mathcal{P}_a

C_{prom} [ton / m ²]	1,31
γ_a [ton / m ³]	1,60
$\frac{\gamma H}{c}$	5,50

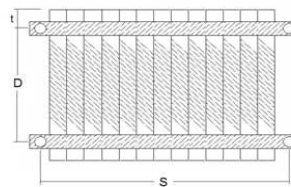
\mathcal{P}_a [ton / m ²]	2,16 Arcilla Media
-----------------------------------------	--------------------

DATOS DEL ENTIBADO

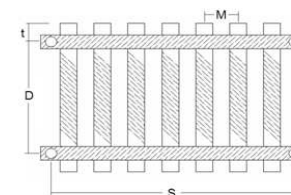
En este paso usted debe colocar unas dimensiones del entibado acorde a su tipo de suelo y excavación

No de Puntales	4	
t [m]	0,2	→ Distancia del puntal al borde
s [m]	1,5	→ Separación horizontal entre puntales
d [m]	1,4	→ Separación vertical entre puntales
M [m]	0,4	

*Coloque M=0 cuando el entibado sea continuo



Entibado continuo



Entibado Discontinuo

CALCULO DE FUERZAS Y MOMENTOS DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ENTIBADO

CALCULO DE FUERZAS EN LOS PUNTALES EN ARCILLA MEDIA

·Puntal superior [ton]	1,82
·puntal inferior [ton]	2,92
·Puntales intermedios [ton]	4,54

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LOS PARALES (TABLONES O TABLEROS)

Mmax [ton·m]	0,19	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	------	------------------------------------------------------------------

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LOS LARGUEROS

Mmax [ton·m]	0,34	→ Momento a nivel del puntal superior
Mmax [ton·m]	0,55	→ Momento a nivel del puntal inferior
Mmax [ton·m]	0,85	→ Momento a nivel de los puntales intermedios

Mmax [ton·m]	0,85	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	------	------------------------------------------------------------------

SOBRECARGAS

La sobrecarga se considerará, si cerca a la zanja hay cimientos de estructuras, tráfico vehicular o acopio de material el cual pueda sobrecargar la zanja, de lo contrario se pondra 0 en q (sobrecarga)

q [ton / m ²]	2
Ka	0,28

qh	0,562474591	→ Presión lateral debido a sobrecarga
----	-------------	---------------------------------------

CALCULO DE FUERZAS EN LOS PUNTALES DEBIDO A SOBRECARGA

·Puntal superior [ton]	0,76
·puntal inferior [ton]	0,76
·Puntales intermedios [ton]	1,18

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LOS PARALES (TABLONES O TABLEROS)

Mmax [ton·m]	0,08	→ Momento Max para diseño debido a sobrecargas
--------------	------	------------------------------------------------

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LOS LARGUEROS

Mmax [ton·m]	0,14	→ Momento a nivel del puntal superior
Mmax [ton·m]	0,14	→ Momento a nivel del puntal inferior
Mmax [ton·m]	0,22	→ Momento a nivel de los puntales intermedios

Mmax [ton·m]	0,22	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	------	------------------------------------------------------------------

FUERZAS Y MOMENTOS TOTALES PARA DISEÑO

PUNTALES		PARALES (TABLONES)	LARGUEROS
·Puntal superior [ton]	2,58	Mmax [ton·m]	0,27
·puntal inferior [ton]	3,68	Mmax [ton·m]	1,07
·Puntales intermedios [ton]	5,72		

DISEÑO DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ENTIBADO

Con las fuerzas y momentos de diseño calculadas, podemos entrar a realizar el diseño de cada uno de los elementos que conforman el entibado. Para esto usted debe saber con que tipo de madera va a trabajar. Se recomiendan en la tabla 6 en donde estan los tipos de madera estructural con los cuales se puede trabajar y usted debe poner en la casilla "Tipo de madera" ES1 o ES2 o ES3.

PUNTALES

VALORES PROMEDIO PARA DISEÑO DE MADERAS			
tipo de maderas	F _c [MPa]	F _b [MPa]	E _{min} [MPa]
ES1	30,0	29,5	7130
ES2	22,0	28,5	7130
ES3	19,0	23,0	5500

F _c [MPa]	Esfuerzo a compresión
F _b [MPa]	Esfuerzo a Flexión

*Cuando escoja sección circular debe poner en la casilla "base" el diametro, y en la casilla "Altura"= 0

·Tipo de madera	es3	→ Escoja entre tipos de madera ES1 o ES2 o ES3
·F _c [MPa]	19	
·E _{min} [MPa]	5500	
·Sección	RECTANGULAR	→ Escoja entre sección rectangular o sección circular*
·Coeficientes de de modificación	1,25	→ Valor recomendado
· k _e	1	→ Articulado-Articulado
· ℓ _e [mm]	1800	
· b (base) [mm]	80	→ Escoja valores adecuados de base y altura para que la sección cumpla las solicitaciones
· a (altura) [mm]	90	
· A [mm ²]	7200,00	
· I [mm ⁴]	4860000	
· r [mm ²]	26,0	
· F _{ce}	11,3	
· C	0,8	
· F* _c [MPa]	23,75	
· C _p	0,42	

F' _c [MPa]	9,90
-----------------------	------

P [Ton]	7,12	cumple
---------	------	--------

PARALES (TABLONES O TABLEROS)

$$S = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$$

S [cm ³] (Modulo de Sección)	118,8	→ Modulo de sección de diseño
---------------------------------------------	-------	-------------------------------

Escoja una sección con modulo de sección > 118,8

Se debe escoger una sección con modulo de sección mayor al de diseño

PARALES					
sección	base (cm)	altura (cm)	área (cm ²)	S Modulo de sección (cm ³)	
sección 15x4	15	4	60	60	40,0
sección 12x5	12	5	60	60	50,0
sección 20x4	20	4	80	80	53,3
sección 15x5	15	5	75	75	62,5
sección 25x4	25	4	100	100	66,7
sección 30x4	30	4	120	120	80,0
sección 20x5	20	5	100	100	83,3
sección 25x5	25	5	125	125	104,2
sección 20x6	20	6	120	120	120,0
sección 30x5	30	5	150	150	125,0
sección 25x6	25	6	150	150	150,0
sección 20x7	20	7	140	140	163,3
sección 30x6	30	6	180	180	180,0
sección 25x7	25	7	175	175	204,2

LARGUEROS $S = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}}$

S [cm³] (Modulo de Sección) 466,1 → Modulo de sección de diseño

Escoja una sección con modulo de sección > 466,1

Se debe escoger una sección con modulo de sección mayor al de diseño

LARGUEROS				
sección	base (cm)	altura (cm)	área (cm ²)	S Modulo de sección (cm ³)
sección 10x7	10	7	70	81,7
sección 12x7	12	7	84	98,0
sección 10x10	10	10	100	166,7
sección 12x10	12	10	120	200,0
sección 15x10	15	10	150	250,0
sección 12x12	12	12	144	288,0
sección 15x12	15	12	180	360,0
sección 15x15	15	15	225	562,5
sección 18x15	18	15	270	675,0
sección 20x15	20	15	300	750,0

Ejercicio 2

DISEÑO DE ENTIBADO CON TABLESTACAS APUNALADAS

Este programara servir para hacer el calculo de entibados con tablestacas apunyaladas, para profundidades menores de 12 m, anchos no mayores a 4 m y niveles freaticos por debajo de la excavacion o rebajado por medio de drenes.

DATOS INICIALES DEL SUELO

Los datos iniciales del suelo deben ser calculados por medio de ensayos de laboratorio a muestras tomadas en sondeos, los cuales nos den datos apropiados para el diseño de los elementos que componen el entibado.

Se pueden trabajar 1 o 2 capas dependiendo de las condiciones del suelo. Las casillas que se encuentran en verde son los datos que debe suministrar el usuario.

- Las alternativas para trabajar con una capa son: arcilla y 0, arena y 0 *
- Las alternativas para trabajar con dos capas son: arcilla y arcilla, arcilla y arena, arena y arcilla, arena y arena

* nota: cuando se trabaje con una sola capa, todos los datos de la capa 2 debe ser igual a cero

capa 1	arena
γ _m [ton / m ³]	1,60
C [ton / m ²]	0,00
φ [Grados]	30,00
Q _u [ton / m ²]	8,00
H ₁ [m]	4,00

capa 2	arcilla
γ _m [ton / m ³]	1,60
C [ton / m ²]	3,00
φ [Grados]	30,00
Q _u [ton / m ²]	4,00
H ₂ [m]	5,00

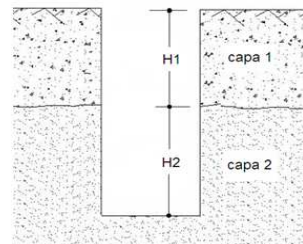
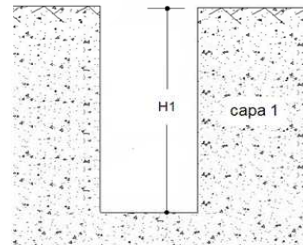
DATOS DE LA EXCAVACION

B [m]	4
H _T [m]	9,00

DATOS PROMEDIO DE LAS CAPAS Y CALCULO DE \mathcal{P}_a

C _{prom} [ton / m ²]	1,65
γ _a [ton / m ³]	1,60
$\frac{\gamma H}{c}$	8,70

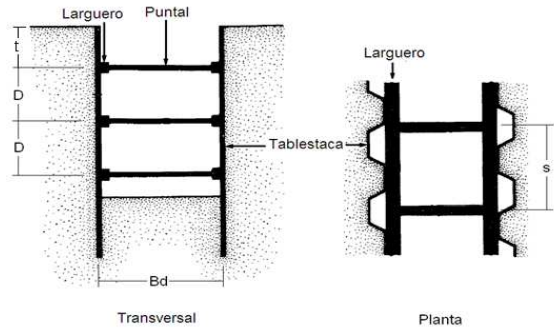
\mathcal{P}_a [ton / m ²]	4,32 Arcilla Media
-----------------------------------------	--------------------



DATOS DEL ENTIBADO

En este paso usted debe colocar unas dimensiones del entibado acorde a su tipo de suelo y excavacion

No de Puntales	5	
t [m]	0,2	→ Distancia del puntal al borde
s [m]	3	→ Separacion horizontal entre puntales
d [m]	2,2	→ separacion vertical entre puntales



CALCULO DE FUERZAS Y MOMENTOS DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ENTIBADO

CALCULO DE FUERZAS EN LOS PUNTALES DE ACERO EN ARCILLA MEDIA

·Puntal superior [ton]	14,58
·puntal inferior [ton]	16,85
·Puntales intermedios [ton]	28,51

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LAS TABLESTACAS

Mmax [ton-m]	2,61	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	------	------------------------------------------------------------------

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LOS LARGUEROS DE ACERO

Mmax [ton-m]	5,47	→ Momento a nivel del puntal superior
Mmax [ton-m]	6,32	→ Momento a nivel del puntal inferior
Mmax [ton-m]	10,69	→ Momento a nivel de los puntales intermedios

Mmax [ton-m]	10,69	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	-------	------------------------------------------------------------------

SOBRECARGAS

La sobrecarga se considerará, si cerca a la zanja hay cimientos de estructuras, trafico vehicular o acopio de material el cual pueda sobrecargar la zanja, de lo contrario se pondra 0 en Q (sobrecarga)

Q [ton / m ²]	4
Ka	0,281237295

Qh	1,124949182	→ Presion lateral debido a sobrecarga
----	-------------	---------------------------------------

CALCULO DE FUERZAS EN LOS PUNTALES DEBIDO A SOBRECARGA

·Puntal superior [ton]	4,39
·puntal inferior [ton]	4,39
·Puntales intermedios [ton]	7,42

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LOS PARALES (TABLONES O TABLEROS)

Mmax [ton-m]	0,68	→ Momento Max para diseño debido a sobrecargas
--------------	------	------------------------------------------------

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LOS LARGUEROS

Mmax [ton-m]	1,65	→ Momento a nivel del puntal superior
Mmax [ton-m]	1,65	→ Momento a nivel del puntal inferior
Mmax [ton-m]	2,78	→ Momento a nivel de los puntales intermedios

Mmax [ton-m]	2,78	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	------	------------------------------------------------------------------

FUERZAS Y MOMENTOS TOTALES PARA DISEÑO

PUNTALES		PARALES (TABLONES)	LARGUEROS
·Puntal superior [ton]	18,97	Mmax [ton·m]	3,29
·puntal inferior [ton]	21,24		Mmax [ton·m]
·Puntales intermedios [ton]	35,94		13,48

DISEÑO DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ENTIBADO

PUNTALES	$P_u = \phi_c P_n$	$P_n = F_{cr} A_g$
----------	--------------------	--------------------

para hacer el diseño de los puntales se debe escoger de antemano una seccion metalica. Para nuestro diseño utilizaremos perfiles metalicos compactos IPN, IPE y HEB, los cuales se encuentra dentro de esta hoja de calculo en la pestaña "**perfiles compactos**", alli encontraremos las propiedades de las secciones necesarias para realizar el diseño de los puntales

Tanteo del area [cm²] 10,70 → con esta area inicial se puede entrar a las tablas a buscar una seccion con una area parecida

E [MPa]	200000	
F _y [MPa]	420	
K	1	
ℓ _e [mm]	3600	
Area [cm ²]	20,1	→ Inserte el area de la seccion que escogió de la tabla
Γ _x [cm]	6,58	→ Inserte el radio de giro de la seccion que escogió de la tabla
K·ℓ _e /Γ _x	54,71	
$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	102,78	
F _e	659,44	

F _{cr} [MPa]	321,72
-----------------------	--------

P _u [ton]	58,20	La Seccion Cumple	Perfil IPE 160
----------------------	-------	-------------------	----------------

TABLESTACAS	$S = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$
-------------	------------------------------------

Para el diseño de las tablestacas se cuentan con tablas de secciones en la pestaña "**secciones de tablestacas**" en las cuales se busca un modulo de seccion elastico mayor al al modulo de seccion de diseño.

S [cm ³] (Modulo de Seccion)	78,4	→ Modulo de seccion de diseño
---------------------------------------------	------	-------------------------------

Escoja la seccion con modulo de sección S_x > 78,4 Seccion PU 6

LARGUEROS	$S = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$
-----------	------------------------------------

Para el diseño de los largueros se cuentan con tablas de secciones en la pestaña "**perfiles compactos**" en las cuales se busca un modulo de seccion S_x mayor al al S_x de diseño

S _x [cm ³] (Modulo de Seccion)	320,9	→ Modulo de seccion de diseño
----------------------------------------------------------	-------	-------------------------------

Escoja la seccion con modulo de sección S_x > 320,9 Perfil IPN 240

Ejercicio 3

DISEÑO DE ENTIBADO CON SOLDIERS BEAMS

Este programa servira para hacer el calculo de entibados con Soldiers Beam, para profundidades menores de 12 m, anchos no mayores a 4 m y niveles freaticos por debajo de la excavacion o rebajado por medio de drenes.

DATOS INICIALES DEL SUELO

Los datos iniciales del suelo deben ser calculados por medio de ensayos de laboratorio a muestras tomadas en sondeos, los cuales nos den datos apropiados para el diseño de los elementos que componen el entibado.

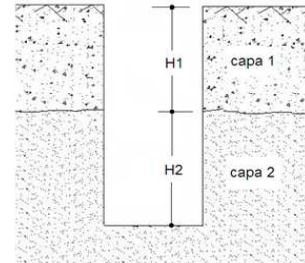
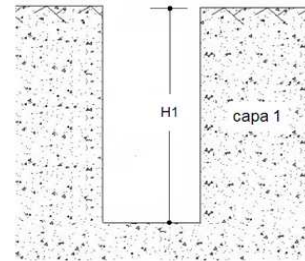
Se pueden trabajar 1 o 2 capas dependiendo de las condiciones del suelo. Las casillas que se encuentran en verde son los datos que debe suministrar el usuario.

- Las alternativas para trabajar con una capa son: arcilla y 0, arena y 0 *
- Las alternativas para trabajar con dos capas son: arcilla y arcilla, arcilla y arena, arena y arcilla, arena y arena

* nota: cuando se trabaje con una sola capa, todos los datos de la capa 2 debe ser igual a cero

capa 1	arena
γ_m [ton / m ³]	1,60
C [ton / m ²]	0,00
ϕ [Grados]	30,00
Q_u [ton / m ²]	8,00
H1 [m]	4,00

capa 2	arcilla
γ_m [ton / m ³]	1,60
C [ton / m ²]	3,00
ϕ [Grados]	20,00
Q_u [ton / m ²]	4,00
H2 [m]	5,00



DATOS DE LA EXCAVACION

B [m]	4
Ht [m]	9,00

DATOS PROMEDIO DE LAS CAPAS Y CALCULO DE ϕ_a

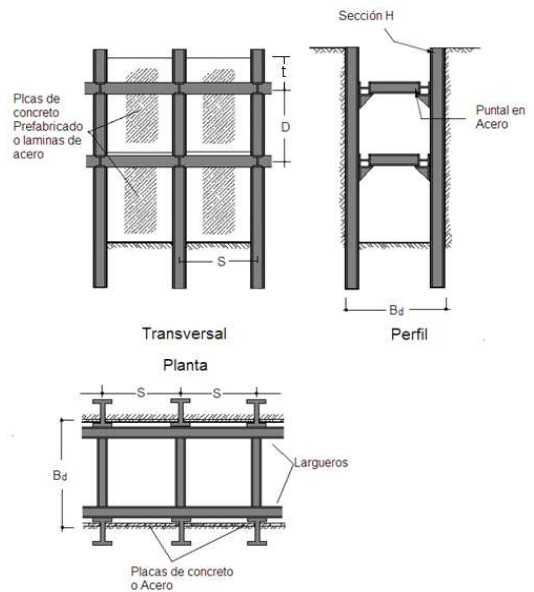
C_{prom} [ton / m ²]	1,65
γ_a [ton / m ³]	1,60
$\frac{\gamma H}{c}$	8,70

ϕ_a [ton / m ²]	4,32 Arcilla Media
----------------------------------	--------------------

DATOS DEL ENTIBADO

En este paso usted debe colocar unas dimensiones del entibado acorde a su tipo de suelo y excavacion

No de Puntales	5	
t [m]	0,2	→ Distancia del puntal al borde
s [m]	3	→ Separacion horizontal entre puntales
d [m]	2,2	→ Separacion vertical entre puntales



CALCULO DE FUERZAS Y MOMENTOS DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ENTIBADO

CALCULO DE FUERZAS EN LOS PUNTALES DE ACERO EN ARCILLA MEDIA

·Puntal superior	[ton]	14,58
·puntal inferior	[ton]	16,85
·Puntales intermedios	[ton]	28,51

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LAS VIGAS H

Mmax [ton·m]	23,52	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	-------	------------------------------------------------------------------

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LOS LARGUEROS DE ACERO

Mmax [ton·m]	5,47	→ Momento a nivel del puntal superior
Mmax [ton·m]	6,32	→ Momento a nivel del puntal inferior
Mmax [ton·m]	10,69	→ Momento a nivel de los puntales intermedios

Mmax [ton·m]	10,69	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	-------	------------------------------------------------------------------

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LAS PLACAS DE ACERO

Mmax [ton·m]	4,86	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	------	------------------------------------------------------------------

SOBRECARGAS

La sobrecarga se considerará, si cerca a la zanja hay cimientos de estructuras, trafico vehicular o acopio de material el cual pueda sobrecargar la zanja, de lo contrario se pondra 0 en Q (sobrecarga)

Q [ton / m ²]	4
Ka	0,33

Qh	1,3	→ Presion lateral debido a sobrecarga
----	-----	---------------------------------------

CALCULO DE FUERZAS EN LOS PUNTALES DEBIDO A SOBRECARGA

·Puntal superior	[ton]	5,20
·puntal inferior	[ton]	5,20
·Puntales intermedios	[ton]	8,80

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LAS VIGAS H

Mmax [ton·m]	7,26	→ Momento Max para diseño debido a sobrecargas
--------------	------	------------------------------------------------

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LOS LARGUEROS

Mmax [ton·m]	1,95	→ Momento a nivel del puntal superior
Mmax [ton·m]	1,95	→ Momento a nivel del puntal inferior
Mmax [ton·m]	3,30	→ Momento a nivel de los puntales intermedios

Mmax [ton·m]	3,30	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	------	------------------------------------------------------------------

CALCULO DE MOMENTOS MAX EN LAS PLACAS DE ACERO

Mmax [ton·m]	1,50	→ Momento Max para diseño debido a presiones laterales del suelo
--------------	------	------------------------------------------------------------------

FUERZAS Y MOMENTOS TOTALES PARA DISEÑO

PUNTALES			PARALES (TABLONES)		LARGUEROS	
·Puntal superior	[ton]	19,78	Mmax [ton·m]	30,78	Mmax [ton·m]	13,99
·puntal inferior	[ton]	22,05				
·Puntales intermedios	[ton]	37,31				
			PLACAS			
			Mmax [ton·m]	6,36		

DISEÑO DE ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL ENTIBADO

PUNTALES

$$P_u = \phi_c P_n \quad P_n = F_{cr} A_g$$

para hacer el diseño de los puntales se debe escoger de antemano una seccion metalica. Para nuestro diseño utilizaremos perfiles metalicos compactos IPN, IPE y HEB, los cuales se encuentra dentro de esta hoja de calculo en la pestaña "perfiles compactos", alli encontraremos las propiedades de las secciones necesarias para realizar el diseño de los puntales

Tanteo del area [cm²] **11,10** → con esta area inicial se puede entrar a las tablas a buscar una seccion con una area parecida

E [MPa]	200000	→ Valor Recomendado
F _y [MPa]	420	→ Valor Recomendado
K	1	→ Valor Recomendado
ℓ _e [mm]	3600	
Area [cm ²]	20,1	→ Inserte el area de la seccion que escogió de la tabla
Γ _x [cm]	6,58	→ Inserte el radio de giro de la seccion que escogió de la tabla
Kℓ _e /Γ _x	54,71	
$4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	102,78	
F _e	659,44	

F_{cr} [MPa] **321,72**

P_u [ton] **58,20** *La Seccion Cumple*

Perfil IPE 160

VIGA H

$$S = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$$

Para el diseño de los largueros se cuentan con tablas de secciones en la pestaña "perfiles compactos" en las cuales se busca un modulo de seccion S_x mayor al al S_x de diseño

S_x [cm³] (Modulo de Sección) **732,9** → Modulo de seccion de diseño

Escoja la seccion con modulo de sección S_x > 732,9

Perfil HEB 220

LARGUEROS

$$S = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$$

Para el diseño de los largueros se cuentan con tablas de secciones en la pestaña "perfiles compactos" en las cuales se busca un modulo de seccion S_x mayor al al S_x de diseño

S_x [cm³] (Modulo de Sección) **333,1** → Modulo de seccion de diseño

Escoja la seccion con modulo de sección S_x > 333,1

Perfil IPN 240

PLACAS DE ACERO

$$S = \frac{M_{máx}}{\sigma_{adm}}$$

S [cm³] (Modulo de Sección) **151,4** → Modulo de seccion de diseño

Escoja un espesor de la placa para que el Modulo de sección > 151,4

placa	
Largo [cm]	300
Espesor [cm]	1,8 → Escoja un espesor para que el Modulo de seccion de la placa sea mayor al Modulo de seccion de diseño

S **162** →Cumple

ANEXO 2. PRACTICA EMPRESARIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL INTERCEPTOR SANITARIO LLANITO CARRIZAL DEL MUNICIPIO DE GIRÓN-SANTANDER

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

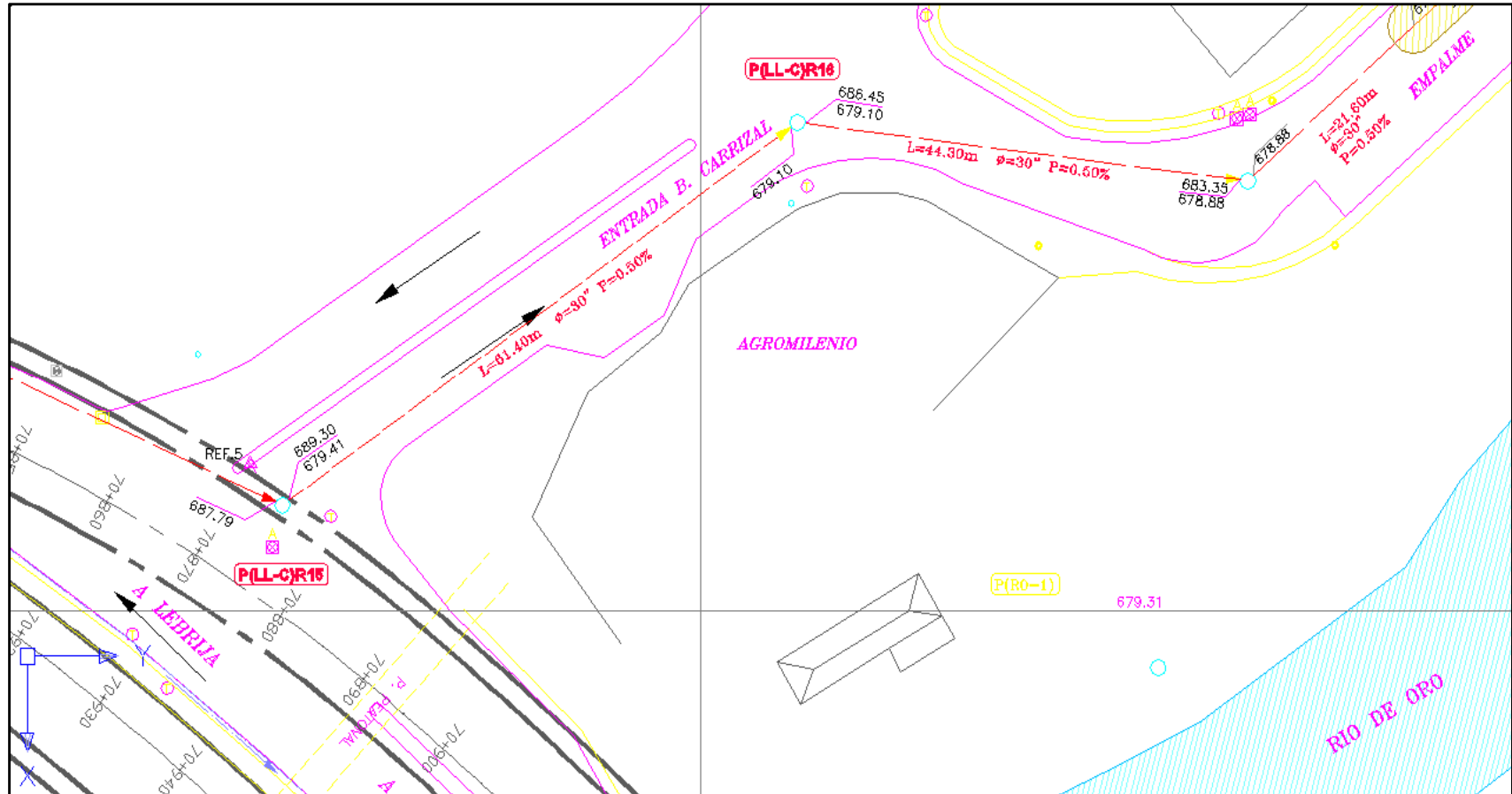
El objetivo de la obra es la construcción del *Interceptor Sanitario Llanito Carrizal del Municipio de Girón* el cual forma parte del Plan Maestro del Municipio de Girón para llevar las aguas negras del barrio el Llanito, San Antonio del Carrizal y alrededores, hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de San Marino. El proyecto contempla la construcción de 838 m de tubería, a profundidades de hasta 10 m, de los cuales 710 m se realizarán sobre el margen izquierdo de la vía en sentido Girón - Bucaramanga y 128 m de tubería se construirán dentro del barrio San Antonio de Carrizal.

Como se muestra en la Figura 1, el proyecto inicio en la entrada del barrio San Antonio de Carrizal en el primer tramo el cual se encuentra entre el empalme con la tubería antigua, instalada en el contrato de obra anterior y el primer pozo de la vía al Aeropuerto, con nomenclatura P(LL-C)R15. Esta parte de la obra es las más complicada debido a las excavaciones profundas que se deben llevar a cabo para la instalación de la tubería, con profundidades de 4 m hasta 10 m.

Las labores en este tramo han tenido un rendimiento bajo debido a la inestabilidad del terreno (conglomerado en la parte superior y suelo arenoso en el pie del talud) lo cual ha causado derrumbes en las excavaciones. Además de esto, la vía donde se está trabajando es la única entrada y salida del barrio reduciéndole a la empresa operatividad debido al tráfico de este sector.



Diseño en Planta del Colector, Tramo 1: Entrada al Barrio San Antonio de Carrizal



Fuente: Diseño del Interceptor Sanitario Llanito Carrizal

PRINCIPALES ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA OBRA

Las labores más relevantes realizadas en la obra eran actividades de excavación con maquinaria, entibados, replanteo a mano, instalación de tubería, rellenos y compactación.



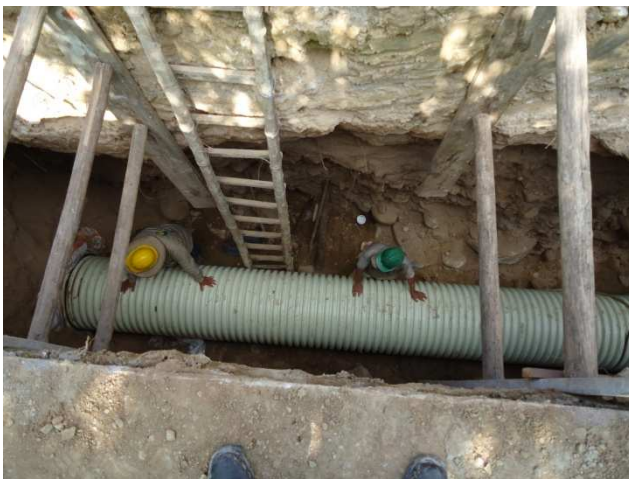
Excavaciones



Entibados



Entibados



Instalación de Tubería



Relleno y Compactación

POZOS DE INSPECCIÓN



Formaleta y acero de refuerzo



Formaleta para la Cañuela



Fundida de concreto



Concreto para pozo terminado



Mampostería



Relleno y Compactación

LABORES REALIZADAS COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA

Durante la práctica se realizaron las siguientes labores:

- Actas de vecindad: En compañía del Ingeniero interventor se realizaron las respectivas actas de vecindad para identificar el estado de las viviendas y los negocios adyacentes a la obra antes de iniciar los trabajos.
- Revisión y seguimiento diario de la obra: En las actividades más importantes de la obra como excavaciones, movimientos de la maquinaria, instalación de tubería, se hacía un seguimiento constante para verificar la calidad de los procesos.



- Calidad: Debido a que la empresa trabaja con la ISO 9001 se debían llevar diferentes formatos en donde se verificara la calidad de los procesos y el producto que se le estaba entregando al cliente. Se llevaban el avance diario de obra en donde se debía especificar las inspecciones y ensayos realizados durante el día.
- Seguridad: Se colaboro en la inspección y control constante de la seguridad de la obra, verificando la utilización de los elementos de protección personal, la señalización, acompañando a la maquinaria en las excavaciones y maniobras debido a la inestabilidad del suelo y al poco espacio que había.
- Cantidades de obra y actas de cobro: Se revisaban las cantidades ejecutadas con la interventoria y se realizaban las actas de cobro parcial para la empresa.



INCONVENIENTES PRESENTADOS DURANTE LA OBRA

Durante la obra se presentaron derrumbes adyacentes a unos locales y viviendas, debido a la inestabilidad del terreno (conglomerado en la parte superior y suelo arenoso en el pie del talud) y las grandes profundidades, lo que obligo a la empresa suspender actividades hasta

que se tuviera el concepto de un Geotécnicista que diera indicaciones de el proceso de excavación y de contención.

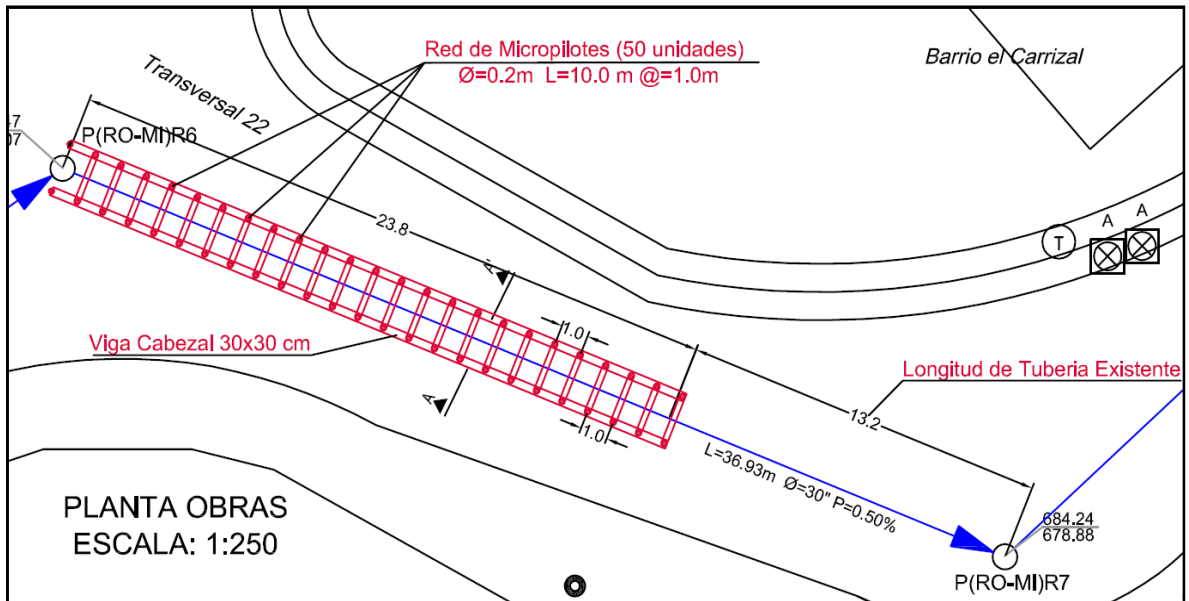
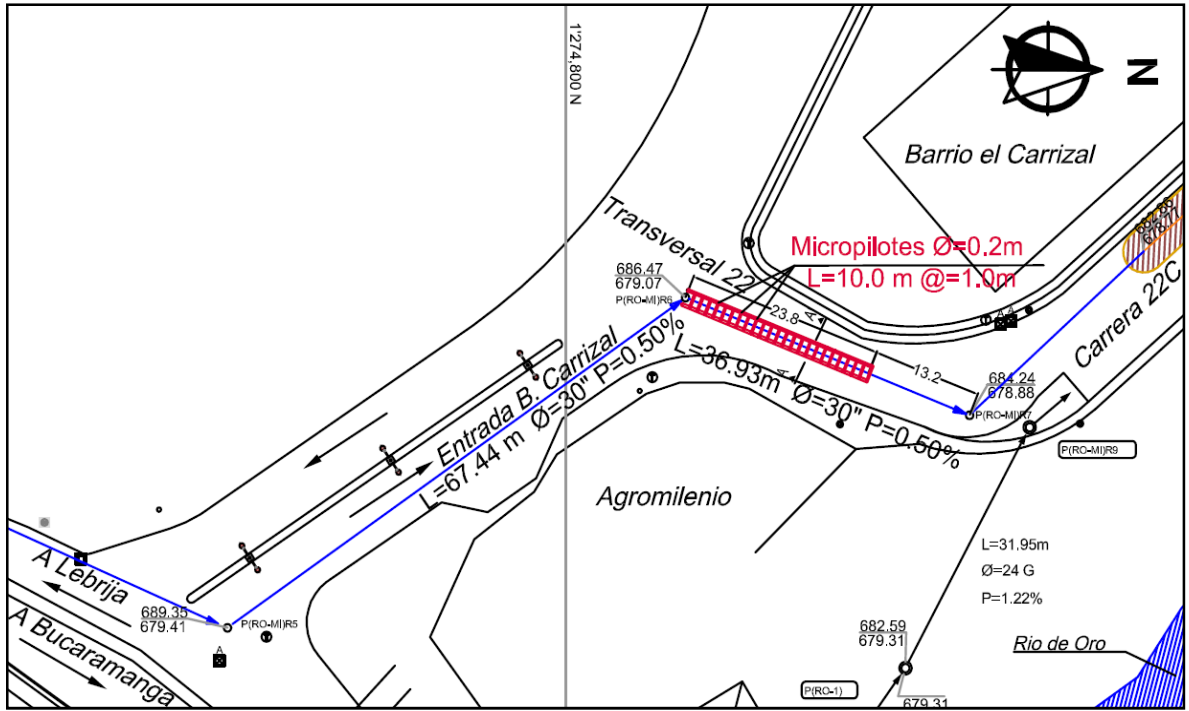


La obra fue visitada por el Ingeniero Jaime Suarez el cual hizo una inspección de las condiciones del terreno y propuso un sistema de contención de micropilotes con viga cabezal y vigas travesaños en concreto o en tubería metálica para poder bajar hasta la profundidad deseada sin afectar las estructuras cercanas a la zanja. (ver figuras 2 y 3)



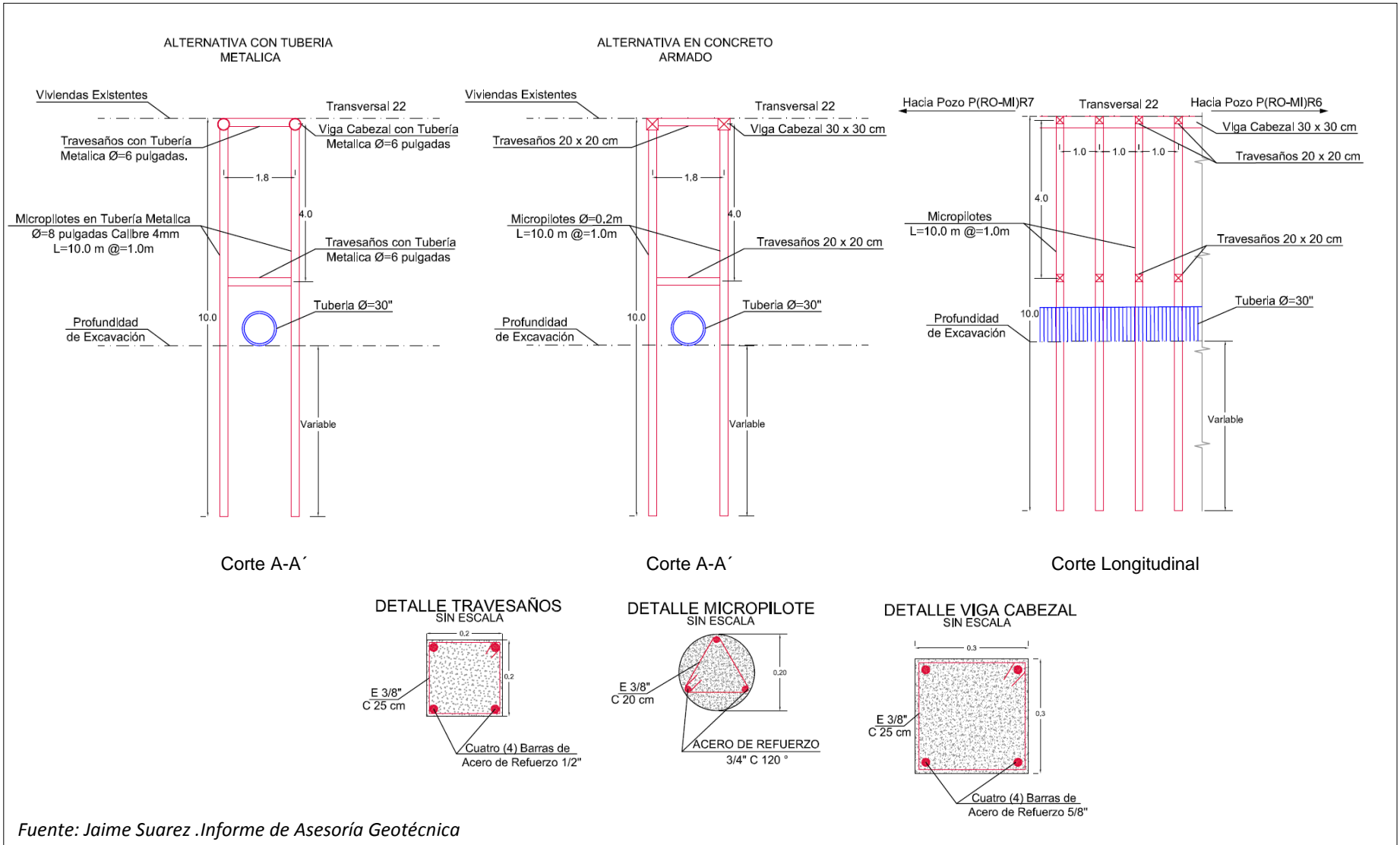
Como aporte de las prácticas se implemento un ***“manual para el cálculo y procedimiento constructivo de entibados en excavaciones de gran profundidad en obras de saneamiento básico”*** en donde se muestran los diferentes tipos de entibados utilizados para la contención de zanjas, el diseño de los elementos que conforman el entibado, recomendaciones de seguridad y prevención de riesgos. También se plantea una hoja de cálculo para realizar diseño rápido y aproximado de los diferentes sistemas de entibados.

Detalle en planta de sistema de contención con Micropilotes



Fuente: Jaime Suarez. Informe de Asesoría Geotécnica.

Corte longitudinal y en perfil del sistema de contención con Micropilotes



Fuente: Jaime Suarez .Informe de Asesoría Geotécnica