

Kanaflex[®]

MANUAL TÉCNICO

TECHNICAL MANUAL



KanaWEHOLITE

**Tubería de HDPE corrugado
de pared estructurada**

Structured-wall

Corrugated HDPE pipe

1. INTRODUCTION	3
1. <i>Introducción</i>	3
2. Características Técnicas y Dimensionales – Tubería KANAWEHOLITE y Accesorios	4
2.1. Materia Prima	7
2.1. Raw Material	7
2.1.1. Polietileno	7
2.1.1. Polyethylene	7
2.1.2. Tipos de PE según la Densidad	8
2.1.2. Types of PE by Density	8
2.1.3. Resistencia Química del PEAD	9
2.1.3. Chemical Resistance of PE	9
2.1.4. Resistencia a la Abrasión del PEAD	9
2.1.4. Abrasion Resistance of HDPE	9
2.1.5. Otras Características	9
2.1.5. Other Properties	9
2.1.6. Temperatura de Operación	10
2.1.6. Operating Temperature	10
2.2. Tubería KANAWEHOLITE	11
2.2. KANAWEHOLITE Pipe	11
2.2.1. Clase de Rigidez o Rigidez Anular Nominal del Tubo	12
2.2.1. Stiffness Class or Nominal Ring Stiffness of the Pipe	12
2.3. Accesorios / Conexiones	13
2.3. Accessories / Fittings	13
3. Dimensionamiento Mecánico / Estructural	14
3. Structural Design	14
3.1. Dimensionamiento Mecánico e Influencia de Cargas Externas	14
3.1. Structural Sizing and Influence of External Loads	14
3.1.1. Clasificación de la Rigidez de los Tubos	15
3.1.1. Classification of Pipe Stiffness	15
3.1.2. Condiciones de Instalación e Interacción Tubo-Suelo	16
3.1.2. Installation Conditions and Pipe-Soil Interaction	16
3.1.3. Diseño Estructural del Tubo	19

3.1.3.	<i>Structural Design of the Pipe</i>	19
3.1.4.	Estructura Suelo / Tubo (Marston-Spangler)	24
3.1.4.	<i>Soil-Pipe Structure (Marston-Spangler)</i>	24
3.1.5.	Cálculo de la Deflexión Vertical del Tubo – DVT.....	25
3.1.5.	<i>Calculation of Vertical Pipe Deflection – VPD</i>	25
3.2.	Dimensionamiento Hidráulico	33
3.2.	<i>Hydraulic Design</i>	33
3.2.1.	Conductos Libres (A Gravedad)	33
3.2.1.	<i>Gravity Flow Conduits (Non-Pressure Conduits)</i>	33
4.	Instalación	40
4.	<i>Installation</i>	40
4.1.	Consideraciones Generales sobre el Suelo y Propiedades Geotécnicas.....	40
4.1.	<i>General Considerations on Soil and Geotechnical Properties</i>	40
4.1.1.	Suelo de Excavación y Relleno de la Zanja	41
4.1.1.	<i>Soil for Trench Excavation and Backfilling</i>	41
4.1.2.	Suelos para Uso en la Envolvente de la Tubería	43
4.1.2.	<i>Soils for Pipe Embedment</i>	43
4.1.3.	Compactación de Suelos para Envolvente y Relleno Final	44
4.1.3.	<i>Soil Compaction for Embedment and Final Backfill</i>	44
4.2.	Procedimiento de Instalación	45
4.2	<i>Installation Procedure</i>	45
4.2.1.	Excavación y Preparación de la Zanja.....	45
4.2.1.	<i>Trench Excavation and Preparation</i>	45
4.2.2.	Excavación de la Zanja	45
4.2.2.	<i>Trench Excavation</i>	45
4.2.3.	Ancho de la Zanja	46
4.2.3.	<i>Trench Width</i>	46
4.2.4.	Profundidad de la Zanja	46
4.2.4.	<i>Trench Depth</i>	46
4.2.5.	Alineación y Pendiente	47
4.2.5.	<i>Line and Grade</i>	47
4.2.6.	Zanjas con Entibación	47
4.2.6.	<i>Shored Trenches</i>	47

4.2.7.	Zanjas con Presencia de Agua o Instalación bajo el Nivel Freático	47
4.2.7.	<i>Wet Trenches or Pipeline Installation Below the Water Table</i>	47
4.2.8.	Anclaje de Tuberías – Instalación en Zanjas con Nivel Freático Elevado	50
4.2.8.	<i>Pipe Anchoring – Installation in High Water Table Trenches</i>	50
4.2.9.	Envoltorio del Tubo - Recomendaciones Constructivas.....	51
4.2.9.	<i>Pipe Embedment - Construction Recommendations.....</i>	51
4.2.9.1.	Capa de Cama de Apoyo	52
4.2.9.1.	<i>Bedding Layer.....</i>	52

1. INTRODUCTION

1. Introdução

KANAWEHOLITE es una tubería de pared estructurada, fabricada en PEAD (Polietileno de Alta Densidad), destinada a la conducción de líquidos por gravedad en redes subterráneas o subacuáticas de infraestructura.

KANAWEHOLITE is a structured-wall pipe manufactured from HDPE (High-Density Polyethylene), designed for the gravity flow of liquids in buried or underwater infrastructure networks.

Este manual proporciona lineamientos técnicos para proyectistas e instaladores y no reemplaza los criterios de ingeniería, las normas de seguridad ni cualquier otra ley o disposición local, así como tampoco las especificaciones e instrucciones del proyectista, quien es la autoridad final en todas las etapas del trabajo de ingeniería. En el numeral 2 se presentan las características técnicas y dimensionales de las tuberías KANAWEHOLITE.

This manual provides technical guidelines for designers and installers and does not replace engineering criteria, safety regulations, or any other local laws and provisions, nor the specifications and instructions of the design engineer, who remains the final authority in all stages of engineering work. Section 2 outlines the technical and dimensional characteristics of KANAWEHOLITE pipes.

En el numeral 3 se presentan los parámetros y fórmulas que permiten el cálculo de deflexiones verticales y del rendimiento hidráulico de las tuberías.

Section 3 presents the parameters and formulas used to calculate vertical deflections and hydraulic performance of the pipes.

Las tuberías KANAWEHOLITE deben instalarse teniendo en cuenta el encamado y el soporte del relleno según las orientaciones del numeral 4, ya que el éxito en la construcción de redes con tuberías flexibles depende principalmente del tipo de ejecución (zanja o terraplén) y del comportamiento del suelo de envolvimiento y cobertura. La tubería y el material de envolvimiento/cobertura conforman un sistema tubo-suelo, puesto que las tuberías flexibles enterradas constituyen estructuras que interactúan fuertemente con el suelo circundante. Para brindar información a quienes no estén familiarizados con la geotecnia, en este numeral se abordan conceptos básicos de mecánica de suelos, con el fin de proporcionar las bases mínimas necesarias para

comprender una correcta instalación, incluyendo materiales, cuidados y métodos que aportan seguridad en la ejecución del sistema de tuberías en campo.

KANAWEHOLITE pipes must be installed with due consideration to bedding and backfill support as detailed in Section 4, since the success of flexible pipe installation depends primarily on the construction method (trench or embankment) and the behavior of the embedment and cover soil. The pipe and the embedment/cover material form a pipe-soil system, as buried flexible pipes act as structures that interact strongly with the surrounding soil. To assist those unfamiliar with geotechnical engineering, this section covers basic soil mechanics concepts to provide the minimum foundation required to understand proper installation, including materials, precautions, and methods that ensure safety during field installation.

La instalación debe realizarse de manera rigurosa y adecuada con el fin de maximizar los resultados y las múltiples ventajas que ofrecen las tuberías KANAWEHOLITE.

Installation must be carried out thoroughly and properly to maximize the benefits offered by KANAWEHOLITE pipes.

2. Características Técnicas y Dimensionales – Tubería KANAWEHOLITE y Accesorios

2. Technical and Dimensional Specifications – KANAWEHOLITE Pipe and Fittings

KANAWEHOLITE es una tubería de pared estructurada, lisa interior y exteriormente, fabricada en PEAD (Polietileno de Alta Densidad). Está desarrollada para instalaciones subterráneas en redes de drenaje pluvial, alcantarillado sanitario, efluentes químicos y conducción de aguas subterráneas. KANAWEHOLITE proporciona mayores velocidades de flujo y caudales en comparación con la mayoría de las tuberías fabricadas con otros materiales.

KANAWEHOLITE is a structured-wall pipe with smooth interior and exterior surfaces, manufactured from HDPE (High-Density Polyethylene). It is designed for underground applications, including stormwater drainage, sanitary sewers, chemical effluent disposal, and groundwater conveyance. KANAWEHOLITE provides higher flow velocities and capacities compared to most pipes made from other materials.

Se suministra en tramos de 6 o 12 metros, con juntas roscadas o soldadas. Permite deflexiones angulares en la red que facilitan la adaptación de la tubería al trazado del proyecto, reduciendo el uso de accesorios.

It is supplied in 6-meter or 12-meter lengths, with threaded or welded jointing options. It allows for angular deflections along the network, facilitating pipe alignment with project layouts and reducing the need for fittings.



Disponível em classes de rigidez SN2 (2 kN/m^2) e SN4 (4 kN/m^2) conforme a norma ISO 9969, em diâmetros nominais de 800 a 3000 (Tabela 2), a tuberia KANAWEHOLITE oferece um elevado desempenho mecânico, garantizando uma instalação segura sempre que se respeitem os parâmetros de projeto e as recomendações deste manual. Tanto a superfície interna como a externa são de cor preta.

Available in stiffness classes SN2 (2 kN/m^2) and SN4 (4 kN/m^2) according to ISO 9969, in nominal diameters ranging from 800 to 3000 (Table 2), KANAWEHOLITE pipes deliver high mechanical performance. This ensures safe installation when design parameters and guidelines in this manual are observed. Both internal and external surfaces are black.

KANAWEHOLITE se fabrica bajo estrictos estándares de calidad, cumpliendo con la norma EN 13476-3:2018 (Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y canalización de aguas residuales y pluviales no a presión subterráneas - Sistemas de canalización de pared estructurada de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE) - Parte 3: Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema con superficie interna y externa lisa, Tipo A).

KANAWEHOLITE is manufactured under strict quality standards, complying with EN 13476-3:2018 (Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 3: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and external surface and the system, Type A).

Entre las características de KANAWEHOLITE destacan:

Key features of KANAWEHOLITE include:

- **Ligereza:** Reduce significativamente los riesgos de accidentes de trabajo durante la instalación y disminuye la necesidad de maquinaria pesada en las etapas de transporte, manipulación e izado en zanja.

Lightweight: Significantly reduces the risk of personnel accidents during installation and minimizes the need for heavy machinery during transport, handling, and trench placement

- **Tramos de 6 o 12 metros:** Agiliza la instalación en comparación con otros tubos de la misma aplicación, generando un incremento significativo en la productividad de la obra.

6m or 12m Pipe Lengths: Accelerates installation compared to other piping options for the same application, driving significant productivity gains on-site.

- **Elevada Resistencia Química:** Apta para instalación en suelos de alta salinidad y con gran tolerancia al paso o contacto con efluentes industriales o líquidos agresivos.

High Chemical Resistance: Suitable for installation in high-salinity soils, with strong tolerance to aggressive liquids and industrial effluents.

- **Baja Rugosidad:** Su coeficiente de rugosidad de Manning de $n = 0,010$ permite reducir las pendientes de diseño y/o, en muchos casos, el diámetro interno de colectores proyectados originalmente para tuberías con mayor rugosidad, sin comprometer el caudal de diseño.

Low Roughness: A Manning's roughness coefficient of $n = 0.010$ allows for reduced installation slopes and, in many cases, a smaller internal diameter than galleries previously designed for higher-roughness pipes, without compromising design flow rate.

- **Alta Resistencia al Impacto:** Reduce a cero la pérdida de material por roturas derivadas de caídas o impactos mecánicos accidentales durante el manejo, transporte e instalación en obra.

High Impact Resistance: Virtually eliminates material losses due to breakage from accidental drops or mechanical impacts during handling, transport, and site installation.



Figura 2 – Tubería KANAWEHOLITE – Fabricación

Figure 2 – KANAWEHOLITE Pipe Manufacturing

2.1. Materia Prima

2.1. Raw Material

2.1.1. Polietileno

2.1.1. Polyethylene

El Polietileno (PE) es un plástico obtenido por la polimerización de moléculas de etileno (monómeros), formando una macromolécula que otorga al material sus propiedades poliméricas características. Los polímeros compuestos exclusivamente por carbono e hidrógeno (hidrocarburos) se clasifican como poliolefinas. El PE es la poliolefina de estructura molecular más simple y el plástico más utilizado a nivel mundial.

Polyethylene (PE) is a plastic produced by polymerizing ethylene molecules (monomers) into a long-chain macromolecule, conferring the typical properties of a polymer. Polymers composed exclusively of carbon and hydrogen (hydrocarbons) are classified as polyolefins. PE is the polyolefin with the simplest molecular structure and is currently the most widely used plastic globally.

Entre las ventajas del PE destacan:

Key advantages of PE include:

- Bajo peso / ligereza;
Lightweight nature;
- Alta resistencia química;
High chemical resistance;
- Excelente elasticidad;
Superior flexibility/elasticity;
- Alta resistencia a la abrasión;
High abrasion resistance;
- Gran resistencia al impacto, incluso a bajas temperaturas.
Excellent impact resistance, even at low temperatures.

2.1.2. Tipos de PE según la Densidad

2.1.2. Types of PE by Density

El PE destaca por su amplio rango de densidad y se clasifica según este parâmetro:

PE is notable for its broad density range. According to this property, it can be classified into different grades:

Polietileno de Alta Densidad	PEAD
Polietileno de Media Densidad	PEMD
Polietileno de Baja Densidad	PEBD

High-Density Polyethylene	HDPE
Medium-Density Polyethylene	MDPE
Low-Density Polyethylene	LDPE

El PE utilizado en la fabricación de las tuberías KANAWEHOLITE presenta una densidad típica de aproximadamente $0,95 \text{ g/cm}^3$, lo que lo clasifica como PEAD (Polietileno de Alta Densidad). Esta característica, sumada a la estructura perfilada helicoidal del tubo, proporciona una ligereza notable frente a tuberías de otras materias primas para la misma aplicación.

The PE used to manufacture KANAWEHOLITE pipes has a typical density value of approximately 0.95 g/cm^3 , classifying it as HDPE (High-Density Polyethylene). This property, combined with the pipe's profile-wound structural wall, makes the finished product exceptionally lightweight compared to pipes made from other materials for similar applications.

2.1.3. Resistencia Química del PEAD

2.1.3. Chemical Resistance of PE

El PE posee una estructura apolar similar a la de los hidrocarburos parafínicos, lo que le confiere una excelente resistencia química.

PE has a non-polar structure similar to paraffinic hydrocarbons, granting it outstanding chemical resistance.

El PE es resistente a soluciones acuosas de sales, ácidos diluidos y álcalis. Solo los agentes fuertemente oxidantes (como peróxidos altamente concentrados, ácidos concentrados o halógenos) atacan el material tras períodos de exposición prolongados.

PE is resistant to aqueous salt solutions, diluted acids, and alkalis. Only strong oxidizing agents—such as highly concentrated peroxides, strong acids, or halogens—attack PE after prolonged exposure.

No obstante, esto no excluye la posibilidad de que, bajo ciertas condiciones, las propiedades mecánicas del PE se vean afectadas por compuestos químicos específicos. Para mayor detalle, se recomienda consultar la norma **ISO/TR 10358** (*Plastics pipes and fittings - Combined chemical-resistance classification table*). En la Tabla 1 se sintetiza parte de la información sobre resistencia química.

*However, this resistance does not exclude the possibility that, under certain conditions, mechanical properties may be influenced by chemical exposure. For detailed information, consult **ISO/TR 10358** (Plastics pipes and fittings - Combined chemical-resistance classification table). General chemical resistance data for PE is listed in Table 1.*

2.1.4. Resistencia a la Abrasión del PEAD

2.1.4. Abrasion Resistance of HDPE

El PEAD cuenta con una resistencia a la abrasión muy superior a la de otros materiales empleados en la fabricación de tuberías para infraestructura.

HDPE exhibits superior abrasion resistance compared to other traditional infrastructure piping materials.

Esta propiedad se evalúa mediante el Ensayo de Abrasión de Darmstadt, normalizado bajo la especificación **DIN 19534**. En la Figura 3 se presentan los resultados comparativos obtenidos al someter muestras de diversos materiales a dicho ensayo.

*This property is evaluated using the Darmstadt Abrasion Test, standardized under **DIN 19534**. Pipe samples made from various materials were subjected to the same abrasion test, with results shown in Figure 3.*

2.1.5. Otras Características

2.1.5. Other Properties

El PEAD es un material dúctil con un excelente alargamiento a la rotura, lo que permite que los tubos se deformen y adapten a eventuales asentamientos o movimientos del suelo sin fisurarse ni romperse.

HDPE is a ductile material with exceptional elongation at break, allowing pipes to deform and accommodate potential soil settlement without cracking or structural failure.

El PEAD empleado en las tuberías KANAWEHOLITE presenta valores típicos de alargamiento a la rotura superiores al 350% y un módulo de elasticidad del orden de 800 MPa.

The HDPE used in KANAWEHOLITE pipes typically exhibits an elongation at break exceeding 350% and a modulus of elasticity of approximately 800 MPa.

2.1.6. Temperatura de Operación

2.1.6. Operating Temperature

La tubería KANAWEHOLITE está diseñada para trabajar enterrada y sin presión (a flujo libre). Bajo estas condiciones, y debido a la baja conductividad térmica del PEAD, la superficie exterior del tubo se mantiene a una temperatura inferior a la del fluido interno.

KANAWEHOLITE pipe is engineered and sized for buried, gravity-flow (non-pressurized) service. Under these conditions, and due to the low thermal conductivity of HDPE, the pipe's exterior surface remains cooler than the maximum internal fluid temperature.

El rango de temperatura de operación del fluido se sitúa entre 0°C y 40°C, admitiéndose picos esporádicos de hasta 60°C. Las referencias de temperatura deben aplicarse siempre al fluido transportado y no a la estructura exterior del tubo.

Operating fluid temperatures range between 0°C and 40°C, with short-term peak temperatures up to 60°C allowable on an intermittent basis. Temperature limits always refer to the fluid, not the pipe itself.

Como todo termoplástico, las propiedades del PEAD varían con la temperatura: un aumento reduce la rigidez del material, mientras que un descenso la incrementa. No obstante, esto no compromete su manipulación e instalación, ya que al enfriarse hasta la temperatura ambiente del suelo, la tubería recupera íntegramente sus valores originales de rigidez.

Like all thermoplastics, HDPE properties are temperature-dependent. An increase in temperature reduces material stiffness, whereas a decrease increases it. However, no operational or handling issues are expected, as original stiffness properties fully recover once the pipe cools back to the surrounding soil temperature.

2.2. Tubería KANAWEHOLITE

2.2. KANAWEHOLITE Pipe

KANAWEHOLITE se fabrica en las dimensiones y clases de rigidez que se detallan en la Figura 4 y la Tabla 2.

KANAWEHOLITE is manufactured in the dimensions and stiffness classes shown in Figure 4 and Table 2.



Figura 4: Tubo KANAWEHOLITE

Figure 4: KANAWEHOLITE Pipe

	Clase de Rigidez (kN/m ² o kPa)		
	SN2	SN4	
Serie DN/DI (mm) Diámetro Interior	Diámetro Exterior DE (mm)		Longitud Barras (m)
800	-	888	6 / 12
1200	-	1325	6 / 12
1500	1625	1655	6 / 12
1800	1955	-	6 / 12
2000	2170	2216	6 / 12
2500	2716	2764	6 / 12
3000	3250	3320	6 / 12

Tabla 1: Cuadro de Medidas del Tubo KANAWEHOLITE

	Stiffness Class (kN/m ² or kPa)		
	SN2	SN4	
Series DN/ID (mm) Inside Diameter	Outside Diameter OD (mm)		Length Bars (m)
800	-	888	6 / 12
1200	-	1325	6 / 12
1500	1625	1655	6 / 12
1800	1955	-	6 / 12
2000	2170	2216	6 / 12
2500	2716	2764	6 / 12
3000	3250	3320	6 / 12

Table 1:

Measurement Chart – KANAWEHOLITE Pipe

Para los diámetros nominales **DN800, DN1200 y DN1500**, el tubo KANAWEHOLITE se puede suministrar con **extremos para junta roscada**. En este caso, se debe prestar atención a la **longitud útil** que se detalla en la Tabla 3.

*For nominal diameters **DN800, DN1200, and DN1500**, KANAWEHOLITE can be supplied with **threaded joint ends**. In this case, special attention must be paid to the **effective length** detailed in Table 3.*

DN/DI (mm)	Largo (m)	Longitud Útil de las Barras para Juntas Roscadas	
		SN2 (m)	SN4 (m)
800	6	5,7	5,7
	12	11,7	11,7
1200	6	5,7	5,6
	12	11,7	11,6
1500	6	5,6	5,5
	12	11,6	11,5

Tabla 3: Longitud Útil del Tubo KANAWEHOLITE para Juntas Roscadas

ND/ID (mm)	Length (m)	Effective Bar Length for Threaded Joints	
		SN2 (m)	SN4 (m)
800	6	5,7	5,7
	12	11,7	11,7
1200	6	5,7	5,6
	12	11,7	11,6
1500	6	5,6	5,5
	12	11,6	11,5

Table 3: Effective Length of KANAWEHOLITE Pipe for Threaded Joints

2.2.1. Clase de Rigidez o Rigidez Anular Nominal del Tubo

2.2.1. Stiffness Class or Nominal Ring Stiffness of the Pipe

Los tubos de pared estructurada se clasifican según su rigidez anular, la cual se determina de acuerdo con la norma **ISO 9969**.

*Structured-wall pipes are classified by their ring stiffness, which is determined in accordance with **ISO 9969**.*

El término **“SN” (Nominal Ring Stiffness)** indica la rigidez anular nominal del tubo, es decir, la rigidez mínima que presenta el tubo, expresándose los valores de “SN” en **kN/m²(okPa)**.

*The term **“SN” (Nominal Ring Stiffness)** indicates the nominal ring stiffness of the pipe—that is, the minimum stiffness provided by the pipe. “SN” values are expressed in **kN/m² (or kPa)**.*

El tubo **KANAWEHOLITE** se fabrica en las clases de rigidez **SN2 y SN4**, compatibles con los niveles de deflexión bajo las condiciones de validación abordadas en el punto 3.1.3.

*The **KANAWEHOLITE** pipe is manufactured in **SN2 and SN4** stiffness classes, which are compatible with the deflection levels under validation conditions, both addressed in item 3.1.3.*

2.3. Accesorios / Conexiones

2.3. Accessories / Fittings

Bajo consulta previa, Kanaflex suministra una amplia gama de accesorios con el objetivo de brindar flexibilidad y versatilidad para necesidades específicas de conexión en sistemas de tuberías.

Upon request, Kanaflex provides a wide range of accessories designed to offer flexibility and versatility for specific connection needs in piping systems.

Los accesorios se fabrican a partir de tramos del propio tubo mediante un proceso de soldadura, garantizando la estanqueidad y una elevada resistencia en las uniones

These accessories are fabricated from sections of the pipe itself using a welding process, ensuring watertightness and high joint strength.



Figura 5 - accesorios

Figure 5 – accessories

3. Dimensionamiento Mecánico / Estructural

3. Structural Design

La información de dimensionamiento contenida en este apartado consiste en directrices basadas en la normativa técnica vigente y en literatura académica especializada.

The sizing and structural design information provided in this section consists of guidelines based on current technical standards and academic literature.

La información y fórmulas presentadas en el punto 3.1 tienen por objeto facilitar la comprensión de los parámetros considerados para el comportamiento mecánico del tubo **KANAWEHOLITE**, así como las condiciones en las que interactúa con el suelo de envolvente, garantizando que su deflexión vertical durante y después de la instalación permanezca dentro de los límites establecidos por las normas y en la fase de proyecto.

*The information and formulas presented in Section 3.1 aim to explain the parameters considered in the mechanical behavior of **KANAWEHOLITE** pipes, as well as the conditions under which they interact with the surrounding backfill soil. This ensures that their vertical deflection during and after installation remains within the limits established by applicable standards and project specifications.*

La información y fórmulas presentadas en el punto 3.2 permiten calcular el rendimiento hidráulico de los tubos **KANAWEHOLITE**.

*The information and formulas presented in Section 3.2 allow for the calculation of the hydraulic performance of **KANAWEHOLITE** pipes.*

3.1. Dimensionamiento Mecánico e Influencia de Cargas Externas

3.1. Structural Sizing and Influence of External Loads

El estudio de las cargas externas que actúan sobre tuberías enterradas fue desarrollado inicialmente de forma teórica y experimental por **A. Marston**. El concepto fundamental del estudio se basa en que la carga debida al peso de la columna de relleno sobre el tubo instalado en zanja se ve modificada por el **efecto arco**. A través de este efecto, parte de dicho peso se transfiere a los prismas laterales adyacentes de terreno, de lo cual resulta que la carga sobre el tubo puede ser menor que el peso directo de la columna de suelo situada sobre él.

*The study of external loads acting on buried pipelines was originally developed, both theoretically and experimentally, by **A. Marston**. The core concept of this study is that the load due to the weight of the prism of backfill soil over a pipe installed in a trench is modified by the **arching effect**. Through this effect,*

part of the weight is transferred to the adjacent side prisms of soil, resulting in a load on the pipe that may be less than the actual weight of the soil column above it.

Para el desarrollo del estudio fue necesario establecer algunas definiciones esenciales, tales como la **Rigidez de las Tuberías** y las **Condiciones de Instalación**.

To develop this study, it was necessary to establish essential definitions, such as **Pipe Stiffness** and **Installation Conditions**.

3.1.1. Clasificación de la Rigidez de los Tubos

3.1.1. Classification of Pipe Stiffness

En función de su grado de rigidez, los tubos se clasifican en **rígidos**, **semirrígidos** o **flexibles (no rígidos)** de acuerdo con las deformaciones horizontales o verticales que sus secciones transversales puedan alcanzar sin sufrir daños permanentes, tal como se muestra en la **Tabla 4**.

Regarding their degree of stiffness, pipes can be classified as **rigid**, **semi-rigid**, or **flexible (non-rigid)** based on the horizontal or vertical deformations that their cross-sections can withstand without suffering permanent damage, as shown in **Table 4**.

Clasificación del tubo	% Deflexión sin presentar daños estructurales	Ejemplos
Rígido	Deflexión < 0,1 %	Hormigón / Concreto, Cerámico
Semirrígido	0,1 % ≤ Deflexión ≤ 3,0 %	Hierro fundido
Flexible (No Rígido)	Deflexión > 3,0 %	PEAD / HDPE, Acero, Hierro dúctil

Tabla 4: Clasificación de los tubos según su deflexión

Pipe Classification	% Deflection without structural damage	Examples
Rigid	Deflection < 0.1%	Concrete, Clay / Vitrified Clay
Semi-Rigid	0.1% ≤ Deflection ≤ 3.0%	Cast Iron
Flexible (Non-Rigid)	Deflection > 3.0%	HDPE, Steel, Ductile Iron

Table 4: Pipe classification based on allowable deflection

Esta clasificación fue posteriormente modificada por **Merlin G. Spangler** (Universidad de Iowa), quien redujo los tipos de tubos a **rígidos y flexibles (no rígidos)**.

This classification was later modified by **Merlin G. Spangler** (Iowa State University), who simplified pipe types into **rigid and flexible (non-rigid)**.

De acuerdo con este concepto mecánico, el tubo **KANAWEHOLITE** se clasifica como **tubo flexible (no rígido)**. El concepto de tubo no rígido no hace referencia al sentido longitudinal del tramo, sino a su sección transversal.

According to this mechanical concept, the **KANAWEHOLITE** pipe is classified as a **flexible (non-rigid) pipe**. The concept of a flexible pipe does not refer to the longitudinal axis of the pipe length, but rather to its cross-section.

3.1.2. Condiciones de Instalación e Interacción Tubo-Suelo

3.1.2. Installation Conditions and Pipe-Soil Interaction

En cuanto a las condiciones de instalación, los tubos enterrados pueden asentarse en el interior de una zanja o sobre el terreno que servirá de base para un terraplén. En la Figura 8 se ilustran las tres condiciones básicas de instalación. Los tubos flexibles (no rígidos) están diseñados para su instalación en suelos firmes, resultando ideales para la instalación en zanja abierta sobre terreno natural estable.

Regarding installation conditions, buried pipes can be laid inside a trench or on ground that will serve as the foundation for an embankment. Figure 8 illustrates the three basic installation conditions. Flexible (non-rigid) pipes are designed to be installed in firm soils, making them ideal for trench installation in stable natural ground.

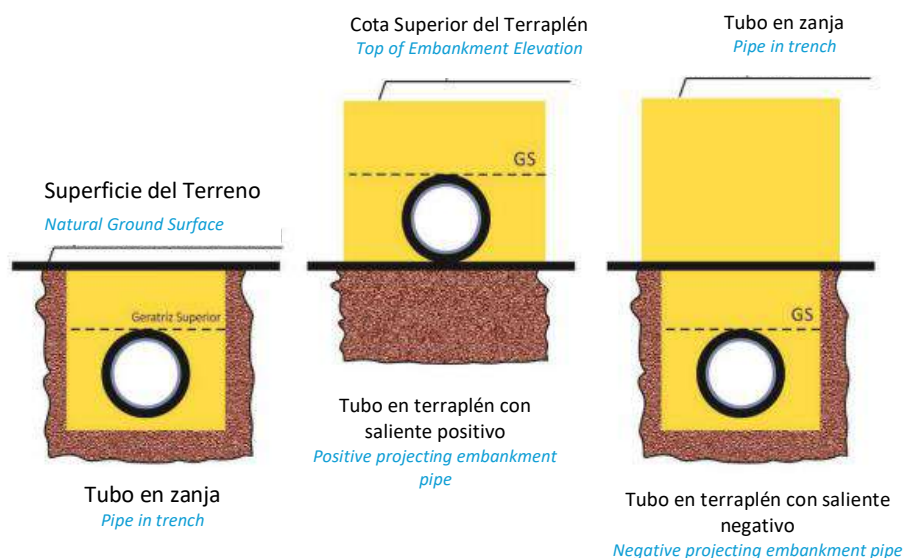


Figura 8 - Condiciones de Instalación de tubos en zanja o terraplén
Figure 8 – Installation Conditions for Pipes in Trenches or Embankments

La instalación de tubos en zanja presupone que el tubo se asienta en una zanja relativamente estrecha, excavada en terreno pasivo y no alterado, la cual se rellena posteriormente con material de envolvente para tubos.

Pipe installation in a trench assumes that the pipe is laid in a relatively narrow trench excavated in passive, undisturbed soil, which is subsequently backfilled with pipe embedment material.

El concepto de "zanja relativamente estrecha" se define por una proporción de ancho de zanja que varía entre **1,5 y 2,0 veces el diámetro exterior (DE)** del tubo. Cuando el ancho de la zanja supera dichos límites, se pasa a una condición de terraplén, requiriendo cuidados especiales para la instalación de tubos flexibles (no rígidos).

*The concept of a "relatively narrow trench" can be defined by a trench width ratio ranging from **1.5 to 2.0 times the outside diameter (OD)** of the pipe. When the trench width exceeds these limits, an embankment condition is essentially created, and special precautions must be taken for the installation of flexible (non-rigid) pipes.*

- **Tubo en terraplén con saliente positivo:** El tubo se apoya sobre el terreno natural que recibe el terraplén, pero su generatriz superior se sitúa por encima

de la cota del terreno, como se ilustra en la figura anterior. En caso de requerirse la instalación de un tubo flexible en terraplén sobre terreno natural, primero se debe construir y compactar adecuadamente el terraplén para, posteriormente, realizar la apertura de la zanja y la colocación del tubo.

***Positive Projecting Embankment Pipe:** The pipe is laid on the natural ground receiving the embankment, but its top crown is located above the natural ground level, as illustrated in the previous figure. If a flexible pipe must be installed in an embankment on natural ground, the embankment must first be constructed and properly compacted, followed by trench excavation and pipe laying.*

- **Tubo en terraplén con saliente negativo:** El tubo se asienta en el terreno que recibe el terraplén, pero su generatriz superior queda situada por debajo de la cota natural del terreno, tal como se ilustra para "tubo en terraplén con saliente negativo".

***Negative Projecting Embankment Pipe:** The pipe is laid in the ground receiving the embankment, but its top crown is located below the natural ground level, as illustrated for a "negative projecting embankment pipe."*

Los estudios desarrollados por Spangler dieron lugar a la siguiente proposición: "Las redes de tuberías enterradas derivan su capacidad para soportar cargas de la resistencia inherente de cada tubo a las cargas verticales externas y de la presión lateral del relleno (envolvente) sobre los lados del tubo, la cual genera tensiones en los anillos en dirección opuesta a las producidas por la carga vertical."

Studies conducted by Spangler resulted in the following proposition: "Buried piping networks derive their load-bearing capacity from the inherent resistance of each pipe to external vertical loads and from the lateral pressure of the backfill (embedment) against the sides of the pipe, which creates ring stresses in the direction opposite to those produced by the vertical load."

Para tubos flexibles se ha experimentado y utilizado un límite de ancho de zanja igual a $2 \times DE$, el cual ofrece buenas condiciones constructivas/de montaje, no habiéndose registrado problemas derivados de dicha valoración cuando el tubo se instala conforme a las recomendaciones de este manual.

For flexible pipes, a trench width limit equal to $2 \times OD$ has been field-tested and widely used, offering good conditions for construction/laying. No issues have been reported using this value when the pipe is installed according to the other recommendations in this manual.

Como referencia ilustrativa de aplicación se pueden citar las obras de drenaje transversal en carreteras (alcantarillas/obras de alivio), que se dividen básicamente en dos tipos: **Alcantarillas de Rasante (Bueiros de Greide)** y **Alcantarillas de Cañada (Bueiros de Grotá)**.

*As an illustrative application reference, highway culverts can be cited, which are basically divided into two types: **Grade Culverts** and **Stream/Gully Culverts**.*

Alcantarilla de Rasante (Bueiro de Greide): Constituye una aplicación clásica de "tubo en zanja" o "tubo en terraplén con saliente negativo". Está destinada a la conducción de aguas pluviales eventuales (cunetas y cárcavas) donde la entrada de agua se realiza habitualmente mediante pozos de registro/cajas colectoras. Se emplea para el paso de caudales recogidos por dispositivos de drenaje superficial, principalmente cunetas. También puede recoger caudales procedentes de vaguadas naturales o cárcavas interceptadas por la carretera en tramos de desmonte/corte.

***Grade Culvert (Bueiro de Greide):** Represents a classic application of a "pipe in trench" or "negative projecting embankment pipe." It is designed to convey runoff water (gutters and ravines) where water intake usually occurs through catch basins. It is used to allow the passage of water flow collected by*

surface drainage systems, particularly gutters. It can also collect flows from natural thalwegs or ravines intercepted by the highway in cut sections.

Alcantarilla de Cañada (Bueiro de Grot): Constituye una aplicación clásica de "tubo en terraplén con saliente positivo". Se instala apoyada en el fondo de una vaguada/talweg y está destinada a cursos de agua permanentes. En obras de mayor envergadura corresponde a arroyos y canales ya existentes y, por consiguiente, representa una obra de gran responsabilidad.

Stream/Gully Culvert (Bueiro de Grot): Represents a classic application of a "positive projecting embankment pipe." It is installed supported at the bottom of a thalweg and is intended for permanent watercourses. In larger projects, it corresponds to permanent natural streams or existing channels, making it a high-responsibility structure.

Cárcava / Ravina (Ravina): Escorrentía con gran concentración de agua que fluye por las laderas. Constituye una depresión en el suelo producida por la erosión de dichas aguas. Las cárcavas/ravinas se clasifican generalmente como de menor escala que los cárcavones (voçorocas), valles y cañones.

Ravine (Ravina): A concentrated flow of water down slopes. It forms a depression in the soil produced by the erosive action of these runoff waters. Ravines are typically classified as smaller in scale than gullies (voçorocas), valleys, and canyons.

Vaguada / Talweg (Talwegue): Cauce o curso por donde fluyen las aguas. Línea sinuosa en el fondo de un valle resultante de la intersección de dos vertientes, en la que se concentran las aguas que descienden de ellas.

Thalweg (Talwegue): The path through which spring waters flow. The winding line along the bottom of a valley resulting from the intersection of two sloping terrain planes, where descending waters converge.

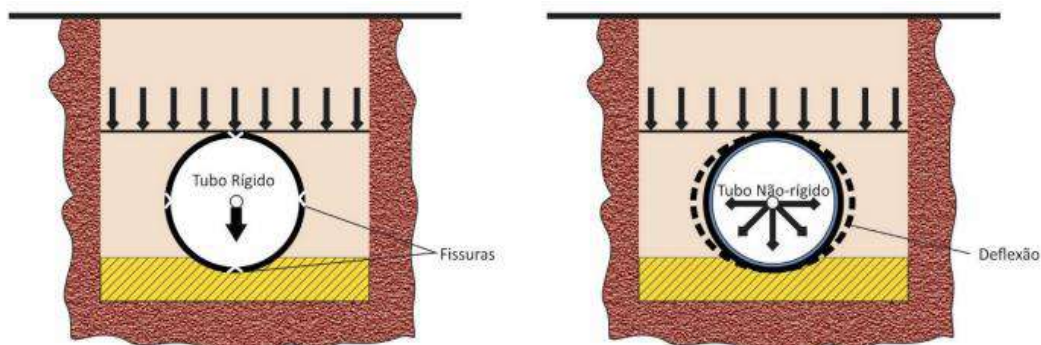


Figura 9: Comportamiento de los Diferentes Tipos de Tubos Bajo Carga Vertical
Figure 9: Behavior of Different Pipe Types Under Vertical Loading

Tanto los tubos rígidos como los flexibles requieren un suelo adecuado, aunque la interacción tubo-suelo difiere en cada caso.

Both rigid and flexible pipes require appropriate soil support, although the pipe-soil interaction differs in each case.

En el caso de un tubo rígido, la carga superior se transmite al fondo de la zanja (cama de apoyo o solera). En cambio, en un tubo flexible (no rígido), la carga se distribuye a través del suelo circundante, de ahí que se afirme que el tubo interactúa con el terreno.

In the case of a rigid pipe, the top load is transferred directly to the bottom of the trench (bedding layer). In contrast, in a flexible (non-rigid) pipe, the load is distributed throughout the surrounding soil, which is why it is said that the pipe interacts with the soil.

La Figura 10 ilustra la interacción suelo/tubo y la transferencia de carga en ambos tipos de tubería.

Figure 10 illustrates the pipe-soil interaction and load transfer in both pipe types.

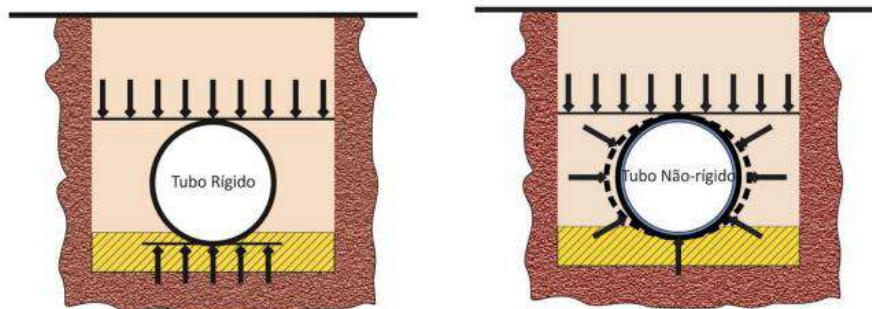


Figura 10: Transferencia de Carga a la Base del Tubo e Interacción Suelo-Tubo (Tubo con el Suelo de Envolvente)

Figure 10: Load Transfer to the Pipe Base and Pipe-Soil Interaction (Pipe with Surrounding Embedment Soil)

Un tubo rígido es, por lo general, mucho más rígido que el suelo de la envolvente, lo que le obliga a soportar cargas de suelo superiores a la carga del prisma situado directamente sobre él. Por el contrario, un tubo flexible no es tan rígido como el suelo envolvente, forzando la movilización del empuje lateral del suelo de relleno para soportar conjuntamente las cargas de tráfico y de cubierta de tierra.

A rigid pipe is almost always many times stiffer than the embedment soil, requiring it to support soil loads much greater than the prism load directly above it. Conversely, a flexible pipe is not as stiff as the surrounding soil, thus forcing the lateral embedment soil to mobilize its resistance in order to support traffic and overburden soil loads.

3.1.3. Diseño Estructural del Tubo

3.1.3. Structural Design of the Pipe

Para especificar la clase de rigidez aplicable en un sistema de tuberías flexibles enterradas, los proyectistas deben definir previamente las deflexiones admisibles de la conducción, basándose en su experiencia técnica y/o en referencias normativas.

To specify the applicable stiffness class in a buried flexible piping system, designers must first establish the allowable pipe deflections based on their engineering experience and/or normative standards.

La práctica habitual en el mercado brasileño consiste en adoptar una **deflexión vertical inicial máxima del 5%**; no obstante, la norma **ABNT NBR ISO 21138-1** recomienda los límites de deflexión indicados en la Tabla 5. Por razones ligadas a la preservación de la estanqueidad de las uniones, los valores calculados de deflexión vertical no deben superar dichos límites.

*Standard practice in the Brazilian market is to adopt a **maximum initial vertical deflection of 5%**; however, standard **ABNT NBR ISO 21138-1** recommends the deflection limits shown in Table 5. Calculated vertical deflection values must not exceed these limits, primarily to preserve joint watertightness.*

Clase de Rigidez	Deflexión Vertical Media Inicial	Deflexión Vertical Media a Largo Plazo
SN2	5%	8%
SN4	8%	10%

Tabla 5 – Límites recomendados de deflexión en proyecto

Classe de Rigidez	Deflexão Vertical Média Inicial	Deflexão Vertical Média de Longo Prazo
SN2	5%	8%
SN4	8%	10%

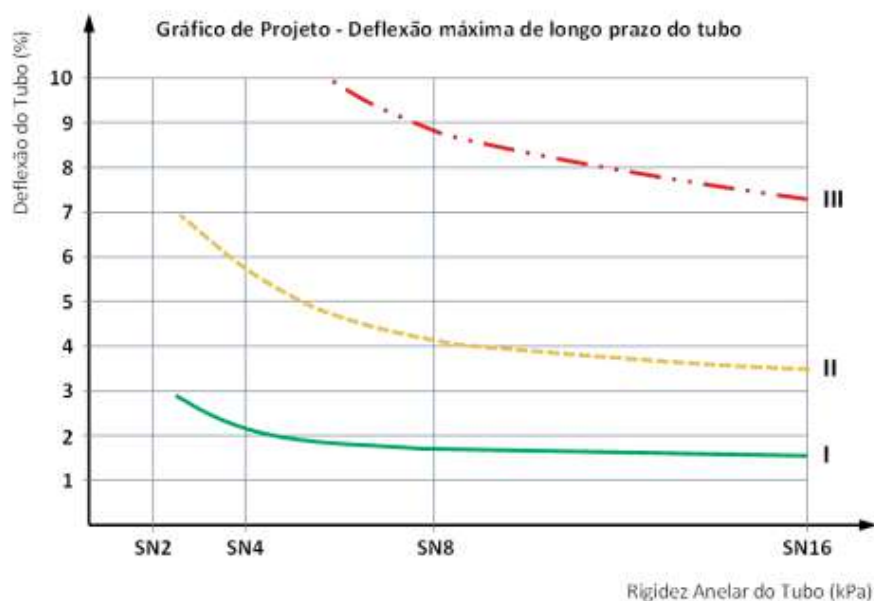
Table 5 – Recommended Design Deflection Limits

Un estudio exhaustivo de registros y observaciones de deflexión vertical en tubos flexibles instalados bajo diversas condiciones durante más de 25 años ha dado lugar a la experiencia presentada en el Gráfico de Diseño de la Figura 11.

An extensive study of vertical deflection records and observations for flexible pipes installed under various conditions over more than 25 years resulted in the empirical data presented in the Design Chart in Figure 11.

A partir de las tres condiciones de compactación de la envolvente durante la instalación, se puede estimar el orden de magnitud de la deflexión vertical y seleccionar la clase de rigidez del tubo más adecuada. Las condiciones de validación para esta estimación se detallan en la Tabla 6.

For the three embedment compaction conditions during installation, the order of magnitude of vertical deflection can be estimated, allowing for the selection of the appropriate pipe stiffness class. The validation conditions for this estimation are detailed in Table 6.



Leyenda:

I – Buena Compactación / II – Moderada Compactación / III – Sin Compactar (No recomendado)

Figura 11: Gráfico de Diseño

Legend:

I – High Compaction / II – Moderate Compaction / III – Uncompacted (Not Recommended)

Figure 11: Design Chart

El Gráfico de Diseño sirve como referencia informativa para el proyectista y no tiene por objeto sustituir el cálculo de deflexión vertical ni limitar las condiciones a las que se puedan someter las tuberías.

The Design Chart serves as an informative reference for the designer and is not intended to replace vertical deflection calculations, nor limit the conditions to which the pipes may be subjected.

Parámetro	Condiciones de validación
Altura de Relleno (*)	De 0,8 a 6,0 m medidos a partir de la generatriz superior del tubo (clave).
Cargas de Tráfico	Se consideran existentes.
Calidad de Instalación La categoría de compactación ("Buena", "Moderada" o "Sin Compactar") debe reflejar la ejecución de la mano de obra en la que el proyectista pueda confiar. <i>(Las capas de relleno de la zanja se detallan en la Figura 26).</i>	"Buena" Compactación (I) En la zanja, el suelo granular de relleno en la envolvente del tubo se coloca cuidadosamente en capas de un máximo de 30 cm, debiendo compactarse cada tongada antes de recibir la siguiente. A partir de la generatriz superior, el tubo debe cubrirse con una capa compactada de al menos 15 cm, la cual se considera parte integrante de la envolvente. La capa de relleno final, sobre la envolvente, se completa con material de envolvente o suelo nativo y posteriormente se compacta. Los valores típicos de densidad Proctor Normal deben ser superiores al 94%.
	"Moderada" Compactación (II) En la zanja, el suelo granular de relleno en la envolvente del tubo se coloca cuidadosamente en capas de un máximo de 50 cm, debiendo compactarse cada tongada antes de recibir la siguiente. A partir de la generatriz superior, el tubo debe cubrirse con una capa compactada de al menos 15 cm, la cual también se considera parte integrante de la envolvente. La capa de relleno final, sobre la envolvente, se completa con material de envolvente o suelo nativo y posteriormente se compacta. Los valores típicos de densidad Proctor Normal deben mantenerse entre el 87% y el 94%.
	Sin Compactar (III) Las tablestacas/paneles del entibado lateral deben retirarse antes de la compactación, conforme a las recomendaciones de la norma EN 1610:1997 . No obstante, si el entibado se retira después de compactar, debe considerarse que el nivel de compactación "Bueno" o "Moderado" se reducirá al grado de Sin Compactar (III) .

Tabla 6 – Condiciones de validación del Gráfico de Diseño

Parameter	Validation Conditions
Backfill Height	0.8 to 6.0 m measured from the pipe top crown.
Traffic Loads	Assumed present.
Installation Quality <i>The compaction category ("High", "Moderate", or "Uncompacted") must reflect workmanship quality that the designer can rely upon.</i> <i>(The trench backfill layers are detailed in Figure 26).</i>	"High" Compaction (I) <i>Granular backfill soil within the pipe embedment zone is carefully placed in trench layers no thicker than 30 cm, with each lift compacted before placing the next. Above the top crown, the pipe must be covered by a compacted layer of at least 15 cm, which is considered an integral part of the pipe embedment. The final backfill layer above the embedment zone is filled with embedment material or native soil and then compacted. Typical Standard Proctor Density values must be above 94%.</i>
	"Moderate" Compaction (II) <i>Granular backfill soil within the pipe embedment zone is carefully placed in trench layers no thicker than 50 cm, with each lift compacted before placing the next. Above the top crown, the pipe must be</i>

	covered by a compacted layer of at least 15 cm, which is also considered an integral part of the pipe embedment. The final backfill layer above the embedment zone is filled with embedment material or native soil and then compacted. Typical Standard Proctor Density values must remain between 87% and 94%.
	Uncompacted (III) Trench sheeting/shoring plates must be removed prior to compaction, in accordance with standard EN 1610:1997. However, if sheeting/shoring plates are removed after compaction, it must be assumed that a "High" or "Moderate" compaction level will be downgraded to the Uncompacted (III) state

Table 6 – Validation Conditions for the Design Chart

Nota: La altura de relleno puede ser inferior a 0,8 m en instalaciones donde la carga de tráfico corresponda a vehículos ligeros, siempre que no exista la condición de nivel freático elevado que pueda generar empuje de flotación sobre la tubería enterrada. Para estos casos, se recomienda la utilización de la **Clase de Rigidez SN4**.

Note: The backfill height may be less than 0.8 m in installations involving light traffic loads, provided there is no high groundwater table condition that could induce uplift pressure on the buried pipeline. For such scenarios, the use of **Stiffness Class SN4** is recommended.

Del mismo modo, se pueden admitir alturas de relleno superiores a 6,0 m prestando especial atención al cálculo de deflexión vertical.

Similarly, backfill heights exceeding 6.0 m are permissible provided due care is taken in the vertical deflection calculation.

En la Figura 12 se detallan, en sección transversal, las principales partes y etapas que integran una instalación típica de una red subterránea con tubo alojado en zanja de paredes verticales, en suelo nativo (o terraplén compactado). La terminología de las partes indicadas en el dibujo corresponde a la utilizada en el texto de este manual.

Figure 12 details, in cross-section, the main parts and stages of a typical underground pipe network installation laid in a trench with vertical walls, in native soil (or compacted embankment). The terminology used for the parts indicated in the drawing corresponds to the terms used throughout this manual.

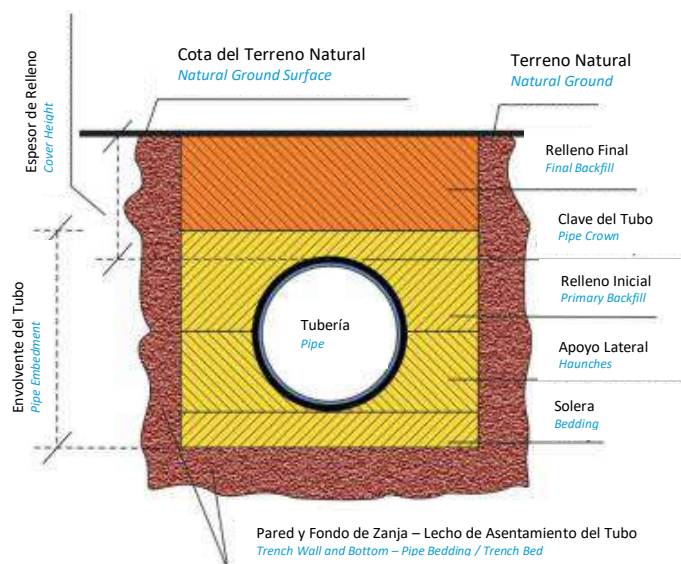


Figura 12: Tubo en zanja Definición de las partes integrantes de una instalación típica
Figure 12: Pipe in trench – Definition of component parts of a typical installation

Suelo Nativo el terreno compuesto por material firme, compacto, consistente y libre de fallas, donde se excavará la zanja para la instalación del tubo. El lecho de asentamiento

del tubo comprende las paredes y el fondo de la zanja. En caso de instalar el tubo en un terraplén sobre suelo nativo, se debe realizar primero la compactación adecuada del terraplén y, a continuación, la apertura de la zanja para la colocación del tubo.

***Native Soil** the ground composed of material that is firm, compact, consistent, and fault-free, where the trench for pipe installation will be excavated. The trench bed comprises the walls and bottom of the trench. When installing a pipe in an embankment over native soil, the embankment must first be properly compacted prior to excavating the trench for pipe laying.*

Envolvente denominación dada al material compactado adyacente al tubo, que incluye la zona de riñoneras/apoyo lateral, el relleno inicial y la capa inmediatamente superior a la generatriz superior (clave). En la instalación de tubos flexibles (no rígidos), la envolvente desempeña una función estructural de gran importancia, ya que la capacidad de soporte de las cargas aplicadas depende de un soporte lateral adecuado.

***Embedment Zone** the term given to the compacted material adjacent to the pipe, which includes the haunching zone, primary/initial backfill, and the layer immediately above the top crown. In flexible (non-rigid) pipe installations, the embedment serves a vital structural role, as the pipe's load-bearing capacity depends on adequate lateral support.*

Cama de Apoyo / Solera la capa de soporte del tubo en el fondo de la zanja. En el caso de tubos flexibles, la cama de apoyo debe realizarse con material granular no compactado, preferentemente arena, para permitir el acoplamiento de las corrugaciones. Se puede utilizar grava/triturado (por ejemplo, grava de 5 a 20 mm para DN > 400) o suelo arcilloso, siempre que no exista presencia de agua o afloramiento del nivel freático en el fondo de la zanja. Si existe riesgo de presencia de agua en la zanja, no se recomienda el uso de arcillas debido a la posible pérdida de consistencia del suelo y a la consecuente alteración de la interacción estructural tubo-suelo.

***Bedding Layer** the pipe support layer at the bottom of the trench. For flexible pipes, the bedding layer must consist of uncompacted granular material—preferably sand—to accommodate the corrugations. Coarse aggregate / gravel (DN > 400) or clayey soil may be used, provided there is no groundwater or water seepage at the trench bottom. If there is a risk of water presence in the trench, clayey soils are not recommended due to potential loss of soil consistency and the resulting degradation of pipe-soil structural interaction.*

Zona de Riñoneras, Relleno Inicial y Capa Compactada Inmediatamente Superior a la Clave regiones de la envolvente que requieren una ejecución sumamente rigurosa para que el sistema de tubería flexible enterrada presente el rendimiento deseado.

***Haunching Zone, Initial Backfill, and Compacted Layer Immediately Above the Top Crown** embedment regions that require meticulous execution to ensure the buried flexible piping system achieves its intended performance.*

Altura de Cobertura el espesor total de las capas compactadas del suelo de cobertura, medido desde la generatriz superior del tubo (clave) en la zanja hasta la superficie del terreno natural, o hasta la superficie del terraplén en caso de que se construya un terraplén por encima del nivel del terreno natural tras la instalación de los tubos.

***Depth of Cover / Cover Height** the total thickness of the compacted soil cover layers, measured from the pipe top crown in the trench up to the natural ground surface, or to the top of the embankment if an embankment is constructed above natural ground level after pipe installation.*

3.1.4. Estructura Suelo / Tubo (Marston-Spangler)

3.1.4. Soil-Pipe Structure (Marston-Spangler)

Los Drs. Spangler y Marston, de la Universidad Estatal de Iowa (EE. UU.), analizaron el comportamiento de una estructura suelo/tubo flexible para predecir matemáticamente la deflexión vertical del tubo en respuesta a la carga (de tráfico y de suelo), al relleno (compactación y tipo de suelo) y al propio tubo (material de fabricación y geometría).

Drs. Spangler and Marston, from Iowa State University (USA), analyzed the performance of a flexible soil-pipe system to mathematically predict vertical pipe deflection in response to loads (traffic and soil), embankment conditions (compaction and soil type), and pipe characteristics (material and geometry).

La ecuación resultante de este estudio se conoce como la **Ecuación de Spangler** o **Fórmula de Iowa**:

*The resulting equation from this study became known as the **Spangler Equation** or the **Iowa Formula**:*

$$\text{Deflection} = \text{Pipe Load(s)} / (\text{Pipe Stiffness} + \text{Soil})$$

$$\text{Deflection} = \text{Pipe Load(s)} / (\text{Pipe Stiffness} + \text{Soil})$$

Tras la instalación, el asentamiento del suelo circundante (envolvente del tubo) se desarrolla con el tiempo, debido a las cargas externas y al método de colocación del tubo.

After installation, the settlement and consolidation of the surrounding soil (pipe embedment) develops over time due to external loading and the pipe laying method.

La experiencia demuestra que la deflexión vertical máxima tiende a alcanzarse entre 1 y 3 años después de la instalación, en función de los materiales de la envolvente y del relleno final, de la calidad de los trabajos de compactación del suelo y de las cargas externas. Debido a ello, el cálculo de la deflexión vertical presentado en este manual considera únicamente las propiedades a corto plazo (iniciales) del producto.

Experience shows that maximum vertical deflection tends to be reached between 1 and 3 years after installation, depending on the embedment and final backfill materials, the quality of soil compaction work, and external loads. Consequently, the vertical deflection calculation presented in this manual considers only the short-term (initial) properties of the product.

La Figura 13 ilustra el comportamiento de la deflexión vertical del tubo durante y después de la instalación, considerando la influencia de la carga de tráfico.

Figure 13 illustrates vertical pipe deflection behavior during and after installation, considering the influence of traffic loading.

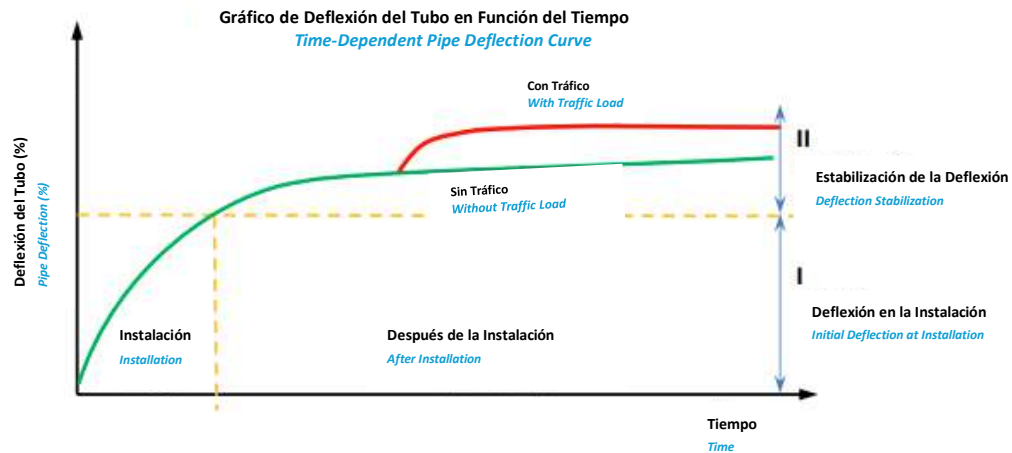


Figura 13 – Gráfico de Deflexión del Tubo en el Momento de la Instalación y Post-Instalación
Figure 13 – Pipe Deflection Curve at Installation and Post-Installation

Diversas investigaciones indican que la deflexión adicional, hasta que el sistema alcanza su estabilización, puede variar de 1,5 a 2 veces la deflexión resultante de la instalación. Esta variación establece el factor de autocompactación que debe considerarse en el cálculo de la deflexión vertical, el cual se detalla en el apartado 3.1.5.5.

Research indicates that additional deflection, until the system achieves stabilization, can vary from 1.5 to 2 times the deflection resulting from installation. This variation establishes the self-compaction factor to be considered in the vertical deflection calculation, which is detailed in section 3.1.5.5.

3.1.5. Cálculo de la Deflexión Vertical del Tubo – DVT

3.1.5. Calculation of Vertical Pipe Deflection – VPD

La ecuación de Spangler fue modificada con base en estudios realizados por diversos investigadores, entre ellos los Drs. Barnard y Watkins, quienes simplificaron la ecuación original y establecieron la **Fórmula Modificada de Iowa**:

*The Spangler equation was modified based on studies conducted by several researchers—among them, Drs. Barnard and Watkins—who simplified the original equation and established the **Modified Iowa Formula**:*

$$\Delta D_v = b_1 \cdot (C \cdot P_s + P_t) / (8 \cdot SN + 0,061 \cdot E_R)$$

P_t : Traffic load, [kN]

SN = Rigidez anular del tubo, [kN/m²]

SN: Pipe ring stiffness, [kN/m²]

ER = Módulo de rigidez del suelo, [kN/m²]

E_R : Soil modulus of reaction / Soil stiffness modulus, [kN/m²]

ΔD_v = Deflexión vertical del tubo, [%]

ΔD_p = Vertical Pipe Deflection, [%]

b_1 = Factor de distribución de carga

b_1 : Load distribution factor

C = Factor de autocompactación

C: Self-compaction factor

P_s = Carga del suelo, [kN]

P_s : Soil load, [kN]

P_t = carga de tráfico, [kN]

Los estudios demuestran que la carga vertical que actúa sobre un tubo flexible (no rígido) colocado en zanja es inferior al peso del material de cobertura. Las fórmulas que se presentan a continuación permiten calcular las variables que componen la Fórmula Modificada de Iowa, basándose en la norma alemana **ATV-DVWK-A127** para tubos instalados en zanjas de paredes verticales. La rigidez anular del tubo (SN) se aborda en el punto 2.2.2.

*Studies demonstrate that the vertical load acting on a flexible (non-rigid) pipe placed in a trench is less than the total weight of the backfill soil above it. The formulas presented below allow for the calculation of the variables that compose the Modified Iowa Formula, based on the German standard **ATV-DVWK-A127**, considering a pipe installed in a trench with vertical walls. The nominal ring stiffness (SN) of the pipe is addressed in section 2.2.2.*

3.1.5.1. Carga del Suelo (Carga Estática) – P_s

3.1.5.1. Soil Load (Static Load) – P_s

La carga del suelo que actúa sobre la tubería se calcula según la teoría de Silo, considerando un factor de corrección derivado del autosoporte del terreno.

$$PS = SC \cdot \gamma \cdot H$$

P_s : Carga vertical del suelo, [kN/m²]

P_s : Vertical soil load, [kN/m²]

γ : Peso específico del material de relleno, [kN/m³]

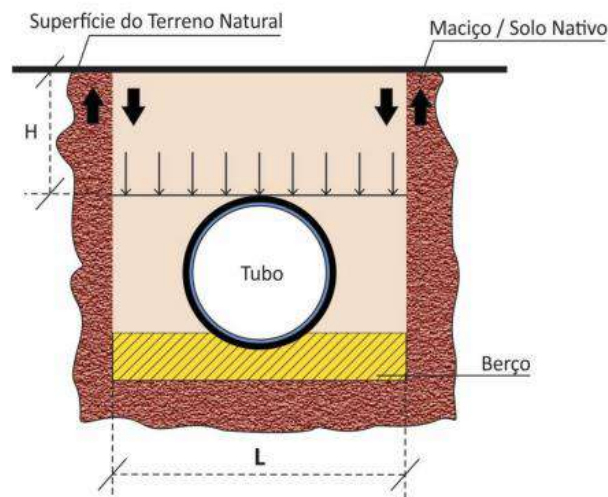
γ : Unit weight of backfill material, [kN/m³]

H : Profundidad de la zanja hasta la generatriz superior del tubo (m)

H : Trench depth to the pipe crown [m]

SC : Coeficiente de corrección de la carga del suelo (-)

SC : Soil load correction coefficient [-]



3.1.5.2. Coeficiente de Corrección de Carga del Suelo – S_C

3.1.5.2. Soil Load Correction Coefficient – S_C

El coeficiente de corrección para zanjas de paredes verticales o casi verticales se calcula mediante la fórmula correspondiente:

The soil load correction coefficient for vertical or approximately vertical trench walls is calculated using the following formula:

$$SC = (1 - e^{-2.K_1.tg(\delta).H/L}) / (2.K_1.tg(\delta).H/L)$$

C : Coeficiente de corrección de la carga del suelo.

C : Soil load correction coefficient.

δ : Ángulo de fricción efectivo entre el suelo de relleno y la pared de la zanja (radianes).

δ : Effective friction angle between the backfill soil and the trench wall (radians).

K_1 : Relación entre los esfuerzos horizontales y verticales en el material de relleno.

K_1 : Ratio of horizontal to vertical stresses present in the trench backfill material.

H : Profundidad de la zanja hasta la generatriz superior del tubo (m).

H : Trench depth to the pipe crown (m).

L : Ancho de la zanja (m).

L : Trench width (m).

Nota: Cuando $\delta = 0$, considerar $S_C = 1$

Note: When $\delta = 0$, assume $S_C = 1$.

Las condiciones de ejecución de la envolvente, como el grado de compactación y las propiedades del material, son fundamentales para garantizar el desempeño estructural de la tubería.

The embedment execution conditions—specifically the degree of compaction and the properties of the embedment material—are of fundamental importance for proper pipe performance under design loads.

Los parámetros " δ " y " K_1 " según la calidad de ejecución se muestran en la Tabla 7.

The parameters " δ " and " K_1 ", as a function of embedment execution quality, are listed in Table 7.

Condiciones de Relleno		K_1	δ
C1	Envolvente y relleno final compactados por capas contra la pared de la zanja en suelo natural, con verificación de densidad Proctor (D_p).	0,5	$\delta = \psi$
C2	Envolvente y relleno final compactados por capas contra la pared de la zanja en suelo natural, sin verificación de densidad Proctor (D_p).	0,5	$\delta = 2/3\psi$
C3	Envolvente y relleno final en zanjas con entibado vertical y sin compactación.	0,5	$\delta = 1/3\psi$

C4	Zanjas ejecutadas verticalmente, sostenidas por entibados de madera u otro tipo de contención.	0,5	$\delta = 0$
----	--	-----	--------------

*Nota: Ψ - Ángulo de fricción interna del material de envolvente.
Tabla 7 – Parámetros " δ " y " K_1 " para Condiciones de Relleno*

Embedment Conditions		K_1	δ
C1	Embedment and final backfill compacted in layers against the trench wall in native soil, with Proctor density (D_p) verification.	0,5	$\delta = \Psi$
C2	Embedment and final backfill compacted in layers against the trench wall in native soil, without Proctor density (D_p) verification.	0,5	$\delta = 2/3\Psi$
C3	Embedment and final backfill in vertically shored trenches without compaction.	0,5	$\delta = 1/3\Psi$
C4	Vertically constructed trenches supported by wooden sheeting or other trench shoring equipment.	0,5	$\delta = 0$

*Note: Ψ - Internal friction angle of the embedment material.
Table 7 – Parameters " δ " and " K_1 " for Backfill Conditions*

Algunos tipos de suelos utilizables en envolventes y sus respectivos valores de peso específico y ángulo de fricción interna, están indicados en la Tabla 8.

Some soil types suitable for embedment, along with their unit weight and internal friction angle values, are shown in Table 8.

Tipos de Suelos	γ Peso Específico (kN/m ³)	Ψ Ángulo de Fricción Interna (°)
SUELOS NO COHESIVOS		
Grava + gravilla	21	35,0
Grava + arena	21	35,0
Arena densa	20	35,0
Arena semidensa	20	32,5
Arena suelta	19	30,0
SOLOS COESIVOS		
Arcilla arenosa dura	22	22,5
Arcilla arenosa blanda	21	22,5
Arcilla semisólida	21	15,0
Arcilla rígida	20	15,0

Tabla 8 –
Suelos

Tipos de

Utilizables en Envolvente – Peso Específico y Ángulo de Fricción

Soil Types	γ Unit Weight (kN/m ³)	Ψ Internal Friction Angle (°)
------------	---	---------------------------------------

NON-COHESIVE SOILS		
Gravel + pea gravel	21	35,0
Gravel + sand	21	35,0
Dense sand	20	35,0
Medium dense sand	20	32,5
Loose sand	19	30,0
COHESIVE SOILS		
Hard sandy clay	22	22,5
Soft sandy clay	21	22,5
Stiff clay	21	15,0
Hard clay	20	15,0

Table 8 – Soil Types Suitable for Embedment – Unit Weight and Internal Friction Angle

Los tipos de suelos más adecuados para su uso en la **envolvente de tuberías no rígidas** son la **arena, grava fina (brita de pequeña granulometría) o mezcla de cascajo/pedrisco/arena** entre los suelos no cohesivos. Debe prestarse especial atención al uso de suelos no cohesivos en tuberías con baja altura de tapada (*o recubrimiento*), sin una capa impermeable de acabado del piso en la superficie y con riesgo de elevación del nivel freático o entrada/infiltración de agua de lluvia u otras fuentes superficiales en la zanja, que puedan provocar empuje. Los suelos cohesivos, principalmente las arcillas, son aplicables en zanjas donde no haya riesgo de presencia de agua, la cual podría causar la pérdida de plasticidad del material de envolvente/recubrimiento, con la consecuente pérdida de la capacidad de soporte lateral del suelo.

The most suitable soil types for flexible pipe embedment among non-cohesive soils are sand, small-aggregate crushed stone, or gravel/pea gravel/sand mixtures. Special care must be taken with non-cohesive soils for pipes with shallow cover heights without a surface impermeable paving cap, or where there is a risk of water table rise or surface stormwater runoff entering the trench, which could cause uplift/buoyancy forces. Cohesive soils, especially clays, are applicable in trenches where there is no risk of water presence, which could lead to loss of plasticity in the embedment/backfill material and subsequent loss of lateral soil support capacity.

3.1.5.3. Módulo de Rigidez del Material de Envolvente y Relleno Final - E_R

3.1.5.3. Modulus of Soil Reaction for Embedment and Final Backfill Material - E_R

La medida de la calidad de compactación del suelo viene dada por la "Densidad Proctor" (D_p), que representa la relación entre la densidad del material de la envolvente de la tubería y la del suelo natural.

The measure of soil compaction quality is defined by the "Proctor Density" (D_p), which represents the ratio between the density of the pipe embedment material and that of the native soil.

Se recomienda la utilización de un grado de compactación Proctor de al menos el 95%, tanto para suelos cohesivos como para suelos no cohesivos.

A Proctor compaction degree of at least 95% is recommended for both cohesive and non-cohesive soils.

En la Tabla 9 se presenta otra composición de grupos de suelos, clasificados de acuerdo con la norma DIN 18196.

Another grouping of soil classifications according to DIN 18196 is presented in Table 9.

Grupo	Tipo de Suelo
1	Suelos no cohesivos
2	Suelos ligeramente cohesivos
3	Suelos cohesivos con mezclas (arena y grava cohesiva)
4	Suelos cohesivos

Tabla 9 – Clasificación de Grupos de Suelo según DIN 18196

Group	Soil Type
1	Non-cohesive soils
2	Slightly cohesive soils
3	Cohesive soils with mixtures (cohesive sand and gravel)
4	Cohesive soils

Table 9 – Soil Group Classifications

El módulo de rigidez del material de relleno (E_R), en función de su grado de compactación (Densidad Proctor - D_p), para los diversos grupos de suelos clasificados según la Tabla 9, está indicado en la Tabla 10.

The modulus of soil reaction (E_R) for backfill material, based on its degree of compaction (Proctor Density - D_p) for the soil groups classified in Table 9, is given in Table 10.

Grupo de Suelo	E_R – Módulo de Reacción del Suelo (kN/m ² o kPa)					
	Dp=85%	Dp = 90%	Dp = 92%	Dp = 95%	Dp = 97%	Dp = 100%
1	2.000	6.000	9.000	16.000	23.000	40.000
2	1.200	3.000	4.000	8.000	11.000	20.000
3	800	2.000	3.000	5.000	8.000	13.000
4	600	1.500	2.000	4.000	6.000	10.000

Tabla 10 – Módulo de Reacción del Suelo (E_R) en función de la Densidad Proctor (D_p)

Grupo de Solo	ER - Módulo de rigidez do material de envoltória e aterro final (KN/m ² ou KPa)					
	Dp = 85%	Dp = 90%	Dp = 92%	Dp = 95%	Dp = 97%	Dp = 100%
1	2.000	6.000	9.000	16.000	23.000	40.000
2	1.200	3.000	4.000	8.000	11.000	20.000
3	800	2.000	3.000	5.000	8.000	13.000
4	600	1.500	2.000	4.000	6.000	10.000

Table 10 – Modulus of Soil Reaction for Embedment and Final Backfill Material based on Proctor Density

3.1.5.4. Carga de Tráfico (Carga Dinámica) - P_t

3.1.5.4. Traffic Load (Dynamic Load) – P_t

La carga de tráfico producida en la superficie del terreno se transmite al subsuelo. El incremento de tensión vertical, relativo a la carga de tráfico, actuante en el plano tangencial a la generatriz superior de la tubería se puede determinar mediante la siguiente ecuación.

Traffic loading applied at ground surface is transmitted underground. The vertical stress increment relative to traffic load acting tangential to the top crown of the pipe can be determined using the formula

Cuanto más poco profunda sea la zanja (o cuanto menor sea la profundidad de la zanja), mayor será el esfuerzo de la carga de tráfico. La ecuación no es aplicable para valores de $H < 0,5$ m.

The shallower the trench, the greater the stress imposed by traffic loading. The equation is not applicable for depths $H < 0.5$ m.

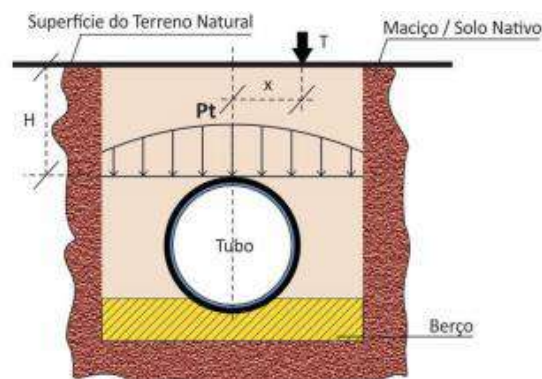


Figura 15 - Carga de tráfico

Figure 15 - Traffic load

$$P_t = (3.T) / \{2 \cdot \pi \cdot H^2 \cdot [1 + (x^2/H^2)]^{5/2}\}$$

P_t = carga de tráfico [kN/m²] (o carga de trânsito)

P_t = traffic load [kN/m²]

T = carga de tráfico esperada [kN]

T = expected traffic load [kN]

H = profundidad de la zanja hasta la generatriz superior del tubo (o clave del tubo) [m]

H = profundidad de la zanja hasta la generatriz superior del tubo (o clave del tubo) [m]

x = distancia relativa al eje de la tubería donde incidirá la carga de tráfico

x = distance relative to the pipe centerline where the traffic load will act

Los valores de la carga de tráfico esperada (T) se pueden considerar de acuerdo con la Tabla 11.

Values for the expected traffic load (T) can be considered according to Table 11.

Tipo de Tráfico	Carga Total Esperada (kN)	Carga Esperada por Rueda (kN)
Pesado	600	100
Medio	300	50
Ligero	120	40 ruedas traseras 20 ruedas delanteras

Tabla 11 – Carga de Tráfico Esperada (T)

Traffic Type	Total Expected Traffic Load (kN)	Expected Wheel Load (kN)
Heavy	600	100
Medium	300	50
Light	120	40 rear wheels 20 front wheels

Table 11 – Expected Traffic Load (T)

3.1.5.5. Factores de Autocompactación y de Distribución de Carga en la Cama de Apoyo

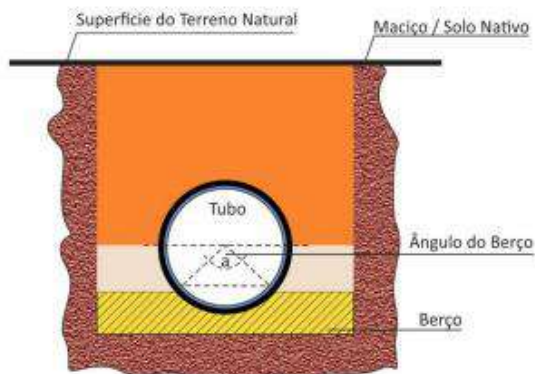
3.1.5.5. Self-Compaction and Bedding Load Distribution Factors

El **factor de autocompactación (C)** se utiliza para corregir la deflexión vertical de la tubería hasta que el suelo alcance la condición de estabilización de asentamiento a lo largo del tiempo. Se debe adoptar el valor de 1,5 para compactaciones moderadas y el valor de 2,0 para compactaciones moderadas con baja altura de tapada (o recubrimiento).

The self-compaction factor (C) is used to correct the vertical pipe deflection until the soil reaches a state of long-term settlement stabilization. A value of 1.5 should be adopted for moderate compaction, and a value of 2.0 should be adopted for moderate compaction with low cover height (or shallow cover).

El modo de ejecución de la cama de apoyo influye directamente en la deflexión vertical que sufre la tubería tras la instalación. El **factor de distribución de carga en la cama de apoyo (b_1)** es un coeficiente de soporte de la tubería, aplicable al cálculo de la deflexión vertical (véase la ecuación en el ítem 3.1.5) y está relacionado con el ángulo " α " formado por el asentamiento de la tubería en la capa de la cama de apoyo, tal como se ilustra en la Figura 16.

The bedding installation method directly influences the vertical deflection experienced by the pipe after installation. The bedding load distribution factor (b_1) is a pipe support coefficient applicable to the calculation of vertical deflection (see equation in item 3.1.5) and is related to the angle " α " formed by the seating of the pipe on the bedding layer, as illustrated in Figure 16.



Ângulo de la Cama (α)	Factor de Distribución de Carga (b_1)
0°	0,110
30°	0,108
45°	0,105
60°	0,102
90°	0,096
120°	0,090
180°	0,083

Tabla 12 – Ângulo de la cama de apoyo

Bedding Angle (α)	Load Distribution Factor (b_1)
0°	0,110
30°	0,108
45°	0,105
60°	0,102
90°	0,096
120°	0,090
180°	0,083

Table 12 – Bedding angle

3.2. Dimensionamiento Hidráulico

3.2. Hydraulic Design

3.2.1. Conductos Libres (A Gravedad)

3.2.1. Gravity Flow Conduits (Non-Pressure Conduits)

Las tuberías y canales funcionan como conductos libres cuando en la superficie del líquido escurrido reina la presión atmosférica. Los canales se consideran conductos libres abiertos, y las tuberías destinadas a drenaje, alcantarillado sanitario o efluentes industriales se consideran conductos libres cerrados bajo estas condiciones de presión.

Pipes and channels function as gravity conduits when atmospheric pressure prevails at the surface of the flowing liquid. Channels are considered open gravity conduits, whereas pipes used in drainage or sewage/industrial effluent applications under this pressure condition are considered closed gravity conduits.

En un sistema de tuberías por gravedad, el flujo del líquido es generalmente no uniforme (variado). Sin embargo, se asume la hipótesis de flujo uniforme para simplificar el análisis hidráulico.

In a piping system for gravity fluid conveyance, liquid flow is generally non-uniform (varied). However, uniform flow is assumed to simplify the hydraulic analysis of the system.

Para efectos de cálculo hidráulico, se deben considerar las variables de la Figura 17:
For hydraulic calculation purposes, the variables shown in Figure 17 must be considered:

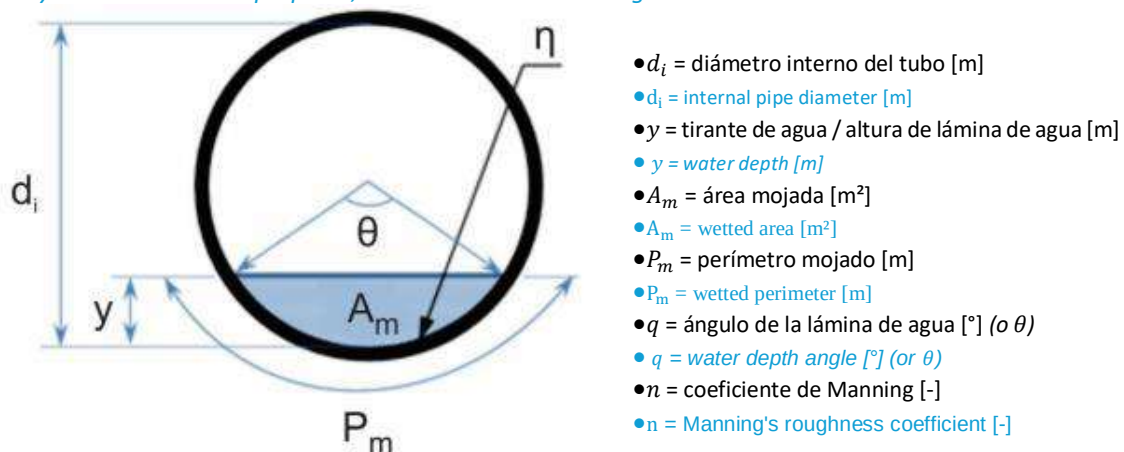


Figura 17 - Variables para dimensionamiento hidráulico

Los principales parámetros para el dimensionamiento de conductos libres cerrados son la velocidad de flujo interna y el caudal (*gasto/vazão*). Estos parámetros se calculan para cada diámetro interno a partir del tirante de agua admisible, coeficiente de rugosidad, diámetro interno y pendiente longitudinal, según las ecuaciones presentadas a continuación.

The main parameters of interest for the design of closed gravity conduits are the internal flow velocity and discharge (flow rate, Q). These parameters are calculated for each internal pipe diameter based on the allowable water depth, pipe roughness coefficient, internal diameter, and longitudinal slope, according to the equations presented below in this manual.

La velocidad máxima de flujo ocurre cuando el tirante de agua representa el 81,3% del diámetro interno ($y/d_i = 0,813$). El caudal máximo ocurre cuando el tirante de agua es del 93,8% del diámetro interno ($y/d_i = 0,938$).

The maximum flow velocity inside a closed gravity conduit occurs when the water depth is approximately 81.3% of the internal diameter ($y/d_i = 0.813$). The maximum flow rate occurs when the water depth is approximately 93.8% of the internal diameter ($y/d_i = 0.938$).

La selección del diámetro se realiza habitualmente en función del caudal requerido, respetando los límites de pendiente del proyecto.

Pipe diameter selection is generally based on the required flow rate, respecting design limitations regarding slope.

Al seleccionar una tubería con este criterio, es fundamental garantizar una velocidad mínima de flujo para evitar la sedimentación de sólidos en la plantilla (*fondo*) del tubo, lo cual reduciría la capacidad de transporte.

When selecting a pipe according to this criterion, it is important to ensure a minimum flow velocity inside the pipeline to prevent solid deposition at the invert (bottom) of the pipe, which could slow down or compromise normal flow transport.

Además del caudal mínimo por tramo, se deben considerar las velocidades mínima y máxima admisibles. El caudal mínimo de diseño según ABNT NBR 9690 es de 1,5 L/s. En la práctica, las velocidades mínimas usuales son 0,60 m/s para alcantarillado sanitario y

0,75 m/s para aguas pluviales. La velocidad máxima suele ser de 5 m/s para tubos de concreto y 8 m/s para tubos metálicos corrugados. Para tubos de PEAD, con alta resistencia a la abrasión (ver Figura 3), la velocidad habitual es de hasta 8 m/s; velocidades mayores quedan a criterio del proyectista, requiriendo cámaras desarenadoras/trampas de sólidos aguas arriba y obras de disipación/descarga adecuadas para evitar erosión en el cuerpo receptor.

In addition to the minimum flow rate for any section of the network, it is essential to consider the allowable minimum and maximum flow velocities. The minimum flow rate value to be considered in design, as established in ABNT NBR 9690, is 1.5 L/s. Practical minimum flow velocities are generally 0.60 m/s for sanitary sewage and 0.75 m/s for storm sewer systems. The maximum flow velocity for collector networks ranges around 5 m/s for concrete pipes and 8 m/s for corrugated metallic pipes. For HDPE pipes, which offer higher abrasion resistance (see Figure 3), the typical velocity is up to 8 m/s; higher velocities may be considered at the designer's discretion, provided a settling chamber/solids retention device is installed upstream (or midpoint) and a proper outfall structure is designed and constructed to prevent erosion in the receiving body.

En algunos proyectos, la velocidad mínima se sustituye por el criterio de tensión atractiva (*esfuerzo cortante en el fondo*), definida como la componente tangencial del peso del líquido sobre el área correspondiente al radio hidráulico que actúa arrastrando los sedimentos. Su fórmula se presenta en el apartado 3.2.1.1.7.

In some designs, the minimum velocity concept has been replaced by the tractive force (shear stress) criterion, defined as the tangential component of the liquid weight over the area corresponding to the hydraulic radius, acting on settled material to cause self-cleansing movement. The formula for calculating tractive force is presented in section 3.2.1.1.7.

Para tubos plásticos de pared interior lisa, el valor mínimo de tensión atractiva es de 0,60 Pa en drenaje sanitario y 1,00 Pa en drenaje pluvial.

For smooth-walled plastic pipes, the typical minimum tractive force value is 0.60 Pa for sewage networks and 1.00 Pa for storm sewer networks.

3.2.1.1. Dimensionamiento Hidráulico de Conductos Libres

3.2.1.1. Hydraulic Design of Gravity Conduits

3.2.1.1.1. Ángulo de la Lámina de Agua

3.2.1.1.1. Water Depth Angle

El ángulo de la lámina de agua (q o θ) se calcula para una tubería de diámetro interno d_i y tirante y mediante la fórmula:

The water depth angle (q or θ) is calculated for a pipe with internal diameter d_i and water depth y using the formula:

$$\theta = 2 \cdot \arccos[1 - (2 \cdot y/d_i)]$$

q = ángulo de la lámina de agua (rad)

q = water depth angle (rad)

y = tirante de agua / altura de lámina (m)

y = water depth (m)

d_i = diámetro interno de la tubería (m)

d_i = internal pipe diameter (m)

3.2.1.1.2. Área Mojada (A_m)

3.2.1.1.2. Wetted Area (A_m)

Obtenido el ángulo, el área mojada (A_m) se calcula con la fórmula:

Once the water depth angle is obtained, the wetted area (A_m) is calculated using the formula:

$$A_m = (\theta - \text{sen}\theta) \cdot d_i^2 / 8$$

d_i = diámetro interno de la tubería (m)

d_i = internal pipe diameter (m)

A_m = área mojada (m²)

A_m = wetted area (m²)

q = ángulo de la lámina de agua (rad)

q = water depth angle (rad)

3.2.1.1.3. Pendiente (i)

3.2.1.1.3. Slope (i)

La pendiente de instalación debe seguir la topografía o ser definida por el proyectista. Minimizar la pendiente reduce la profundidad de las zanjas y los costos de excavación.

The installation slope must follow the terrain topography or be defined by the pipe network designer.

Minimizing the design slope reduces trench depths and excavation costs.

3.2.1.1.4. Velocidad de Flujo (V)

3.2.1.1.4. Flow Velocity (V)

La ecuación más frecuentemente utilizada para el cálculo de la velocidad de flujo en conductos libres es la fórmula de Manning:

The most frequently used equation for calculating flow velocity in gravity conduits is Manning's formula:

$$V = (1/\eta) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

V = velocidad de flujo (m/s)

R_h = radio hidráulico (m)

i = pendiente del tubo (m/m)

n = coeficiente de Manning (-)

Uno de los parámetros más importantes en esta ecuación es el coeficiente de Manning (n). Cuanto más bajo sea su valor, mayor será la velocidad de flujo en el interior de la tubería para una pendiente determinada.

One of the most important parameters in this equation is Manning's coefficient (n). The lower its value, the higher the flow velocity inside the pipe for a given slope.

El coeficiente de Manning varía según el tipo de tubería y el material empleado en su fabricación. Para fines prácticos y a efectos de cálculo, las tuberías de PE con pared lisa presentan un valor de $n = 0,010$.

Manning's coefficient varies according to the pipe type and the material used in its manufacturing. For practical purposes and calculation effects, smooth-walled PE pipes present a value of $n = 0.010$.

3.2.1.1.5. Caudal / Gasto (Q)

3.2.1.1.5. Flow Rate (Q)

El caudal en un conducto a gravedad para líquidos no viscosos se obtiene multiplicando el área mojada por la velocidad de flujo:

The flow rate in a gravity conduit for non-viscous liquids is calculated by multiplying the wetted area by the flow velocity:

$$Q = A_m \cdot (1/n) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Q = caudal / gasto (m³/s)
 Q = flow rate / discharge (m³/s)
 A_m = área mojada (m²)
 A_m = wetted area (m²)
 R_h = radio hidráulico (m)
 R_h = hydraulic radius (m)

i = pendiente del tubo (m/m)
 i = pipe slope (m/m)
 n = coeficiente de Manning (-)
 n = Manning's coefficient (-)

3.2.1.1.6. Tensión Atractiva

3.2.1.1.6. Tractive Force

La tensión atractiva (σ_t) se calcula con la fórmula:

Tractive force (σ_t) is calculated using the formula:

$$\sigma_t = \gamma_l \cdot R_h \cdot i$$

σ_t = tensión atractiva / esfuerzo cortante (Pa)
 σ_t = tractive force / shear stress (Pa)
 γ_l = peso específico del líquido (N/m³)
 γ_l = unit weight of liquid (N/m³)

R_h = radio hidráulico (m)
 R_h = hydraulic radius (m)
 i = pendiente del tubo (m/m)
 i = pipe slope (m/m)

3.2.1.1.7. Consideraciones Generales de Dimensionamiento

3.2.1.1.7. General Considerations for Hydraulic Design

En redes con caudales inicial y final definidos, el dimensionamiento se realiza para el caudal final, verificando que la velocidad y la tensión atractiva cumplan con los límites admisibles en ambas condiciones. Se recomienda verificar la tubería para el caudal final con un tirante de agua igual al 81,3% del diámetro interno para evaluar la velocidad máxima.

When sizing networks with defined initial and final design flow rates, pipes must be sized for the final flow rate. Maximum and minimum flow velocities, as well as tractive force, must be verified to ensure they fall within established limits under both initial and final flow conditions. Whenever possible, it is recommended to verify the pipe at final flow with a water depth equal to 81.3% of its internal diameter, evaluating peak flow velocity inside and at system discharge.

Kanaflex pone a disposición la **Planilla de Cálculo KANAWEHOLITE** para asistir en el dimensionamiento, análisis de parámetros y simulación de variaciones de pendiente o relación tirante/diámetro (y/d_i).

Kanaflex provides designers and interested parties with the **KANAWEHOLITE Calculation Spreadsheet** to support design and evaluation of all project parameters, as well as simulations of slope variations or depth-to-diameter ratios (y/d_i)

3.2.1.1.8. Tabla de Caudal y Velocidad

3.2.1.1.8. Flow Rate and Velocity Table

VELOCIDAD DE FLUJO Y CAUDAL MÁXIMO PARA TUBO KANAWEHOLITE SEGÚN DIFERENTES PENDIENTES													
DN (mm)	y/d	Área Mojada (m ²)	Declividade (m/m)	0,10%		0,20%		0,30%		0,40%		0,50%	
			Radio Hidráulico (m)	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s
800	0,938	0,4897	0,232	1,19	584,77	1,69	826,99	2,07	1.012,85	2,39	1.169,54	2,67	1.307,58
1200		1,1019	0,348	1,56	1.724,09	2,21	2.438,23	2,71	2.986,21	3,13	3.448,18	3,50	3.855,18
1500		1,7217	0,435	1,82	3.125,98	2,57	4.420,81	3,14	5.414,36	3,63	6.251,97	4,06	6.989,91
1800		2,4793	0,522	2,05	5.083,20	2,90	7.188,72	3,55	8.804,35	4,10	10.166,39	4,58	11.366,37
2000		3,0608	0,580	2,20	6.732,20	3,11	9.520,76	3,81	11.660,51	4,40	13.464,39	4,92	15.053,65
2500		4,7825	0,725	2,55	12.206,28	3,61	17.262,29	4,42	21.141,90	5,10	24.412,57	5,71	27.294,08
3000		6,8868	0,870	2,88	19.848,76	4,08	28.070,39	4,99	34.379,07	5,76	39.697,53	6,44	44.383,18

Tabla 12a – Velocidad de Flujo y Caudal Máximo para Diferentes Pendientes (Parte 1/2)

VELOCIDADE DE FLUXO E VAZÃO MÁXIMA TUBO KANAWEHOLITE PARA DIFERENTES DECLIVIDADES													
DN (mm)	y/d	Wetted Area (m ²)	Declividade (m/m)	0,10%		0,20%		0,30%		0,40%		0,50%	
			Hydraulic Radius (m)	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s
800	0,938	0,4897	0,232	1,19	584,77	1,69	826,99	2,07	1.012,85	2,39	1.169,54	2,67	1.307,58
1200		1,1019	0,348	1,56	1.724,09	2,21	2.438,23	2,71	2.986,21	3,13	3.448,18	3,50	3.855,18
1500		1,7217	0,435	1,82	3.125,98	2,57	4.420,81	3,14	5.414,36	3,63	6.251,97	4,06	6.989,91
1800		2,4793	0,522	2,05	5.083,20	2,90	7.188,72	3,55	8.804,35	4,10	10.166,39	4,58	11.366,37
2000		3,0608	0,580	2,20	6.732,20	3,11	9.520,76	3,81	11.660,51	4,40	13.464,39	4,92	15.053,65
2500		4,7825	0,725	2,55	12.206,28	3,61	17.262,29	4,42	21.141,90	5,10	24.412,57	5,71	27.294,08
3000		6,8868	0,870	2,88	19.848,76	4,08	28.070,39	4,99	34.379,07	5,76	39.697,53	6,44	44.383,18

Table 12a – Flow Velocity and Maximum Flow Rate for Different Slopes (Part 1/2)

VELOCIDAD DE FLUJO Y CAUDAL MÁXIMO PARA TUBO KANAWEHOLITE SEGÚN DIFERENTES PENDIENTES

DN (mm)	y/d	Área Molhada m ²	Declividade (m/m)	1,00%		2,00%		3,00%		4,00%		5,00%	
			Raio Hidráulico m	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s
800	0,938	0,4897	0,232	3,78	1.849,20	5,34	2.615,16	6,54	3.202,90	7,55	3.698,40	8,44	4.134,93
1200		1,1019	0,348	4,95	5.452,05	7,00	7.710,37	8,57	9.443,23	9,90	10.904,11	11,06	12.191,16
1500		1,7217	0,435	5,74	9.885,23	8,12	13.979,83	9,94	17.121,72	11,48	19.770,46	12,84	22.104,05
1800		2,4793	0,522	6,48	16.074,47	9,17	22.732,74	11,23	27.841,81	12,97	32.148,95	14,50	35.943,62
2000		3,0608	0,580	6,96	21.289,07	9,84	30.107,30	12,05	36.873,76	13,91	42.578,15	15,55	47.603,81
2500		4,7825	0,725	8,07	38.599,66	11,41	54.588,16	13,98	66.856,57	16,14	77.199,31	18,05	86.311,46
3000		6,8868	0,870	9,11	62.767,30	12,89	88.766,36	15,19	108.716,15	18,23	125.134,60	20,38	140.351,95

Tabla 12a – Velocidad de Flujo y Caudal Máximo para Diferentes Pendientes (Parte 2/2)

3													
DN (mm)	y/d	Área Molhada m ²	Declividade(m/m)	1,00%		2,00%		3,00%		4,00%		5,00%	
			Raio Hidráulico m	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s	V m/s	Q i/s
800	0,938	0,4897	0,232	3,78	1.849,20	5,34	2.615,16	6,54	3.202,90	7,55	3.698,40	8,44	4.134,93
1200		1,1019	0,348	4,95	5.452,05	7,00	7.710,37	8,57	9.443,23	9,90	10.904,11	11,06	12.191,16
1500		1,7217	0,435	5,74	9.885,23	8,12	13.979,83	9,94	17.121,72	11,48	19.770,46	12,84	22.104,05
1800		2,4793	0,522	6,48	16.074,47	9,17	22.732,74	11,23	27.841,81	12,97	32.148,95	14,50	35.943,62
2000		3,0608	0,580	6,96	21.289,07	9,84	30.107,30	12,05	36.873,76	13,91	42.578,15	15,55	47.603,81
2500		4,7825	0,725	8,07	38.599,66	11,41	54.588,16	13,98	66.856,57	16,14	77.199,31	18,05	86.311,46
3000		6,8868	0,870	9,11	62.767,30	12,89	88.766,36	15,19	108.716,15	18,23	125.134,60	20,38	140.351,95

Table 12a – Flow Velocity and Maximum Flow Rate for Different Slopes (Part 2/2)

Tablas 12 y 13 - Velocidad de Flujo y Caudal Máximo en función del DN y de la Pendiente de la Red.

Tables 12 and 13 - Flow Velocity and Maximum Flow Rate based on DN and Network Slope.

Nota:

El Caudal Máximo ocurre cuando $y/d_i = 0,938$ y la Velocidad Máxima ocurre cuando $y/d_i = 0,813$.

Note: Maximum Flow Rate occurs when $y/d_i = 0.938$ and Maximum Velocity occurs when $y/d_i = 0.813$.

Para otras pendientes y/o relaciones y/d_i , previa solicitud, Kanaflex pone a disposición la planilla para el cálculo de la Velocidad de Flujo y Caudal.

For other slopes and/or y/d_i ratios, Kanaflex provides a calculation spreadsheet upon request for Flow Velocity and Flow Rate evaluation.

4. Instalación

4. Installation

Considerando que las tuberías no rígidas para instalaciones enterradas se diseñan teniendo en cuenta el lecho (*suelo nativo o relleno compactado*) y la envolvente, el tubo y el material de asiento forman conjuntamente un sistema tubo-suelo adecuado para proporcionar el soporte estructural necesario. Por ello, es fundamental que en la fase de proyecto y construcción de la red enterrada se incluya el correspondiente estudio o diseño geotécnico.

Considering that flexible pipes for buried installations are designed accounting for the bed (native soil or compacted embankment) and embedment, the pipe and backfill material together form a pipe-soil system structured to provide structural support. Thus, it is essential that the buried piping construction process, defined during the system design phase, includes a geotechnical foundation or project analysis.

Las recomendaciones de cálculo estructural de este manual se basan en la instalación de tuberías no rígidas en zanjas de paredes verticales excavadas en terreno natural estable. Para aplicaciones en terraplenes o rellenos, la instalación del tubo debe realizarse tras la etapa de compactación de las obras de tierra y la posterior excavación de la zanja, tal como se describió previamente.

The structural design recommendations in this manual are based on installing flexible pipes in vertical-walled trenches excavated in stable natural ground. For embankment applications, pipe installation must occur after the earthwork compaction phase, followed by trench excavation as described previously.

Debido a la dilatación térmica característica de la tubería de PEAD, se recomienda realizar la instalación a una temperatura ambiente no superior a 30 °C, evitando la exposición directa del tubo al sol.

Due to the characteristic thermal expansion of HDPE pipes, installation is recommended at ambient temperatures not exceeding 30°C, avoiding direct exposure to sunlight.

4.1. Consideraciones Generales sobre el Suelo y Propiedades Geotécnicas

4.1. General Considerations on Soil and Geotechnical Properties

El conocimiento de las propiedades geotécnicas del suelo nativo, en el lecho, en las zonas de envolvente y en el relleno final es muy importante para definir las condiciones de excavación y evaluar la reutilización del suelo local en la envolvente del tubo. El análisis del suelo nativo durante la fase de proyecto permite identificar variaciones estacionales, como la presencia del nivel freático.

Knowledge of the geotechnical properties of native soil—at the trench bed, embedment zones, and final backfill—is critical regarding site conditions, excavation feasibility, and the potential reuse of local soil for pipe embedment. Evaluating native soil during the design phase also identifies seasonal variations, such as fluctuations in the water table.

4.1.1. Suelo de Excavación y Relleno de la Zanja

4.1.1. Soil for Trench Excavation and Backfilling

El material nativo o el relleno compactado donde se excavará la zanja debe confinar adecuadamente las capas de envolvente y recubrimiento del tubo (*cama de apoyo, acostillado, relleno inicial y relleno final*) para proporcionar el soporte estructural necesario durante su vida útil.

The native material or compacted embankment where the trench is excavated must properly confine the pipe embedment and cover layers (bedding, haunching, initial backfill, and final backfill) to deliver the support required for long-term structural performance over its service life.

En aquellos casos en que los suelos nativos no presenten características adecuadas para la cama de apoyo y la envolvente, será necesario importar material.

In cases where native soils do not offer suitable material for pipe bedding and embedment, imported material must be used.

La caracterización de los suelos comprende tres factores principales:

Soil characterization relies on three primary factors:

- **a) Estructura trifásica:** Proporción de partículas sólidas, agua y aire presentes en los poros. En su estado general, el suelo está compuesto por partículas sólidas que forman una matriz porosa cuyos vacíos pueden contener agua y/o aire. Cuando todos los vacíos están llenos de agua, el suelo se denomina "saturado"; si contienen únicamente aire, se denomina "suelo seco". En estados intermedios, el suelo se define como "no saturado".
a) Three-phase matrix structure: The proportions of solid particles, water, and air within pores. In general, soil consists of solid particles forming a porous matrix whose voids contain water and/or air. When all voids are filled with water, the soil is "saturated"; when filled only with air, it is "dry soil." In intermediate states, it is "unsaturated soil."
- **b) Curva granulométrica:** Se obtiene separando el suelo en fracciones según el tamaño de sus partículas. La clasificación incluye Grava (*cascajo y pedrisco/gravilla*), Arena, Limo y Arcilla, tomando como referencia la norma ABNT NBR 6502. La grava y la arena forman los suelos gruesos o no cohesivos. Los limos y arcillas están formados por partículas finas no visibles a simple vista y constituyen los suelos cohesivos.
b) Particle size distribution curve: Obtained by separating soil into fractions based on particle size. Particle size classifications include Gravel (cascajo and pedrisco/crushed rock), Sand, Silt, and Clay, referencing standard ABNT NBR 6502. Gravel and Sand form coarse-grained soils, also termed non-cohesive soils. Silt and clay soils consist of fine particles invisible to the naked eye and are termed cohesive soils.
- **c) Índices de consistencia (Límites de Atterberg):** Contenidos de humedad en los cuales el suelo pasa de un estado físico a otro. En el caso de las arcillas, su estructura geométrica y química les otorga una alta afinidad por el agua, influyendo en su consistencia. Los límites de consistencia varían desde el estado sólido hasta el líquido, pasando por el estado plástico. El límite de liquidez se determina según la norma ABNT NBR 6459 y el límite de plasticidad según la ABNT NBR 7180.

c) Consistency indices (Atterberg limits): Moisture contents at which soil transitions between physical states. In clays, particle geometry and chemistry create a high affinity for water, significantly impacting soil consistency. Consistency limits (Atterberg limits) range from solid to liquid, passing through a plastic state based on moisture content. Liquid limit determination is governed by ABNT NBR 6459 and plastic limit by ABNT NBR 7180.

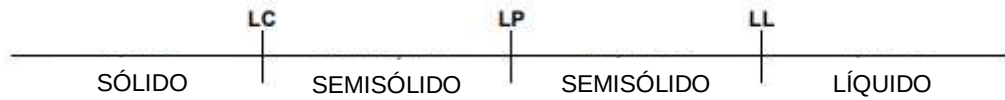


Figura 18 - Límites de Atterberg o de consistencia de un suelo.

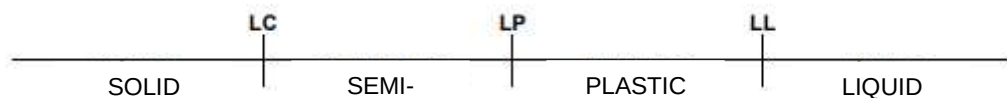


Figure 18 - Atterberg or consistency limits of a soil.

En la excavación de zanjas, los suelos deben presentar un contenido determinado de finos de buena plasticidad para evitar el uso de entibaciones. Los materiales sin finos y los suelos arcillosos de baja consistencia requieren casi siempre sistemas de contención en las paredes de la zanja.

When excavating trenches, soils should contain a specific ratio of fine material with adequate plasticity to eliminate the need for shoring. Clean soils lacking fines and softer cohesive soils almost always require wall containment or trench shoring.

Los estudios geotécnicos para estructuras enterradas contemplan la investigación del subsuelo para determinar la estratigrafía del terreno y la posición del nivel freático. Los métodos más habituales para proyectos de tuberías enterradas son las perforaciones con barreno y los ensayos de penetración estándar.

Geotechnical studies for buried structures involve subsoil investigation to determine soil stratigraphy and the water table level. Typical investigation methods for buried pipe design include auger borings and simple reconnaissance borings.

El ensayo de penetración estándar (SPT - Standard Penetration Test) permite determinar la estratigrafía, la posición del nivel de agua y el índice de resistencia a la penetración del suelo. La resistencia del suelo o recuento de golpes (SPT) es un indicador de referencia para evaluar la firmeza y consistencia del terreno nativo.

Standard Penetration Testing (SPT) determines soil stratigraphy, water level position, and penetration resistance index. Soil resistance or blow counts (SPT test) serve as a baseline indicator for evaluating native soil firmness and consistency.

4.1.2. Suelos para Uso en la Envolvente de la Tubería

4.1.2. Soils for Pipe Embedment

Los suelos de relleno de carácter granular proporcionan una rigidez relativamente alta con un mínimo esfuerzo de compactación; los suelos granulares compactados presentan escasa tendencia al desplazamiento o consolidación a lo largo del tiempo. Los suelos no cohesivos son menos sensibles a la humedad, tanto durante su colocación como en el servicio a largo plazo.

Embankment soils that are inherently granular provide relatively high stiffness with minimal compaction effort; compacted granular soils exhibit low settlement or consolidation tendencies over time. Non-cohesive soils are less moisture-sensitive during placement and long-term operation.

Si las partículas son predominantemente arcillosas, el suelo es más sensible a la humedad, lo que reduce la rigidez y provoca desplazamientos con el tiempo. En este caso, se requiere un mayor esfuerzo de compactación para alcanzar la densidad exigida. Para suelos con un Límite de Liquidez (LL) superior al 40%, los materiales plásticos y altamente sensibles a la humedad deben descartarse para la envolvente.

If particles are predominantly clay, soils are highly moisture-sensitive, reducing stiffness and causing long-term soil displacement. In such cases, greater compaction energy is required to reach target density. Soils with a Liquid Limit (LL) exceeding 40%—being highly moisture-sensitive and plastic—must be excluded from embedment applications.

Los suelos granulares como gravilla, piedra picada, cascajo y arena son fáciles de emplear como envolvente y relleno, ofreciendo alta confiabilidad. Presentan baja sensibilidad a la humedad y se compactan fácilmente mediante compactadores de placa vibratoria en capas de 20 a 30 cm. En zanjas con presencia de agua donde se empleen mezclas de cascajo, se debe colocar un geotextil con función de filtro/separación para evitar la migración de finos y la pérdida de soporte lateral del tubo.

Granular soils such as fine gravel, crushed stone, coarse gravel, and sand are easy to use as embedment and backfill and are reliable. They exhibit low moisture sensitivity and can be compacted in 20 to 30 cm lifts using a vibratory plate compactor. In wet trenches where gravel soils are used, a geotextile filter/separation layer must be installed to prevent particle migration and subsequent loss of pipe support.

Las arenas limosas son materiales aceptables para la envolvente y relleno de la zanja. Cuando la zanja se excava en arena limosa, este material puede reutilizarse directamente en la zona del tubo. Debe prestarse atención a su sensibilidad a la humedad, controlando el contenido de agua durante la compactación para alcanzar la densidad requerida.

Silty sand soils are acceptable embedment/backfill materials for pipe installations. When excavating trenches in silty sand, the material can be directly reused as backfill in the pipe zone. Caution is advised as these soils can be moisture-sensitive. Moisture control may be required when compacting to reach target density with moderate compaction energy.

Las arenas limo-arcillosas y los limos areno-arcillosos son materiales aceptables; sin embargo, su menor rigidez limita su empleo en instalaciones profundas o saturadas, impidiendo una adecuada compactación ante la presencia de agua estancada. Se debe extremar el cuidado en la colocación y compactación del material bajo los riñones (*acostillado*) del tubo.

Silty/clayey sand and sandy/clayey silt are acceptable embedment/backfill materials; however, their relatively low stiffness limits their use in deeper installations that may become saturated, preventing

proper compaction in standing water. Extra care must be taken when placing and compacting backfill under the pipe haunches.

El suelo cohesivo puede emplearse en la envolvente del tubo considerando las siguientes precauciones:

Cohesive soils may be used in the pipe embedment zone subject to the following precautions:

- El contenido de humedad debe controlarse durante la colocación y compactación. No se debe añadir agua al suelo arcilloso durante la compactación de las capas de envolvente o relleno. El proceso de densificación debe adaptarse según se trate de arenas o polvo de piedra;
Moisture content must be controlled during placement and compaction. Do not add water to clayey soil while compacting embedment or backfill layers. Densification methods applied to sand or crushed stone dust should be adjusted;
- No debe utilizarse en instalaciones sobre cimentaciones inestables o con agua en la zanja;
Do not use in installations with unstable foundations or standing water in the trench;
- Se requiere un esfuerzo adicional para la colocación y compactación en la zona del acostillado;
Additional effort is required to place and compact backfill in the haunching zone;
- Se deben realizar ensayos de compactación periódicos durante la instalación para verificar el grado de compactación requerido;
Compaction tests must be conducted periodically during installation to confirm target relative compaction is achieved;
- Se debe evitar la deformación vertical excesiva del tubo (*ovalización*) por exceso de energía en la compactación lateral.
Care must be taken to avoid increasing vertical pipe diameter (over-deflection) due to excessive lateral compaction force.

4.1.3. Compactación de Suelos para Envolvente y Relleno Final

4.1.3. Soil Compaction for Embedment and Final Backfill

Por lo general, el grado de compactación mínimo especificado para las capas de relleno es del 94% respecto a la energía del ensayo Proctor Normal.

Generally, the specified minimum degree of compaction for backfill layers is 94% Standard Proctor density.

En suelos con mayor fracción de finos, la compactación de la envolvente se realiza mediante pisonos portátiles (*manuales o mecánicos*). En suelos granulares, la compactación resulta más eficiente mediante equipos de placa vibratoria.

In soils with higher fine content, embedment compaction must be performed using portable rammers (manual or mechanical). In granular soils, compaction is most effective when executed using vibratory plate equipment.

4.2. Procedimiento de Instalación

4.2 Installation Procedure

4.2.1. Excavación y Preparación de la Zanja

4.2.1. Trench Excavation and Preparation

En la instalación de tuberías enterradas, las paredes de la zanja deben ser preferentemente verticales. El ancho de la zanja se determina en función del diámetro del tubo KANAWEHOLITE, la calidad del suelo local, los materiales de relleno, las cargas actuantes y el grado de compactación. La altura de la capa de envolvente sobre la clave del tubo (Figura 27) debe ser de al menos 30 cm, y sobre esta, el relleno final no debe ser inferior a 30 cm hasta la cota del terreno o la capa de rodadura. En zonas con tráfico vehicular continuo o rellenos sobre la cota superior de la zanja, la altura del relleno puede variar en función del límite de deflexión vertical admisible de la tubería, según lo indicado en los apartados 3.1.4 y 3.1.5.

In buried pipe installations, trench walls should preferably be vertical. Trench width is determined by the KANAWEHOLITE pipe diameter, local soil quality, backfill material, load levels, and required compaction. The embedment cover height above the pipe crown (Figure 27) should be at least 30 cm, topped by a final backfill layer of no less than 30 cm up to natural ground level or pavement base level. Where continuous vehicular traffic or fill overburden occurs above the trench, backfill cover depth may vary, calculated based on the allowable vertical pipe deflection limit defined in items 3.1.4 and 3.1.5.

4.2.2. Excavación de la Zanja

4.2.2. Trench Excavation

La excavación de la zanja debe cumplir con las especificaciones técnicas del proyecto. Si la excavación es mecanizada, los equipos se definen previamente según el tipo y volumen de material a excavar, la profundidad, el ancho de la zanja, las necesidades de entibación, el tipo de apoyo de la tubería, el espacio lateral para la compactación y el procedimiento de retirada de los entibados.

Trench excavation must follow project technical specifications. If excavation is fully or partially mechanized, equipment types must be predefined considering material volume, excavation depth and width, shoring requirements, pipe support methods, lateral working space for compaction, and shoring removal procedures.

El uso de retroexcavadoras o zanjadoras resulta ventajoso, salvo que existan mantos rocosos o interferencias de servicios que impidan su empleo.

Using backhoes or trenchers is advantageous, except when rock or buried utilities obstruct mechanical equipment.

Al inicio de la excavación, los escombros del pavimento retirado deben acopiarse lejos del borde de la zanja para evitar su contaminación en la capa de envolvente. Durante la excavación, el material limpio de piedras y escombros debe depositarse fuera de la zona de trabajo para prevenir desprendimientos al interior de la zanja.

At the onset of excavation, broken pavement debris must be moved away from the trench edge to prevent unintended incorporation into the pipe embedment zone. During excavation, rock-free and debris-free material should be stockpiled away from trench edges to prevent cave-ins into the trench cavity.

4.2.3. Ancho de la Zanja

4.2.3. Trench Width

El ancho de la zanja debe calcularse de manera que permita ejecutar los trabajos de instalación de la tubería y la compactación del suelo adyacente. El espacio entre el tubo y las paredes laterales de la zanja debe ser mayor que el ancho de los equipos de compactación requeridos (*placas vibratorias, pisones manuales o mecánicos*).

Trench width must be calculated to accommodate pipe installation procedures and lateral backfill compaction. The spacing between the pipe exterior and trench sidewalls must exceed the width of the required compaction equipment (vibratory plates, manual or mechanical rammers).

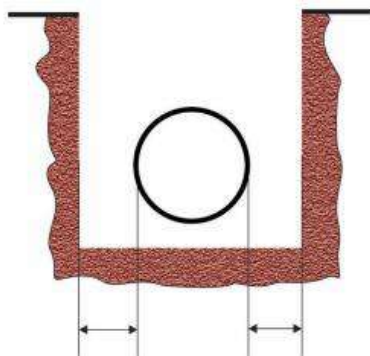


Figura 19 - Determinación del Ancho de la Zanja

Figure 19 - Trench Width Determination

El ancho de zanja sugerido para la instalación de tuberías KANAWEHOLITE, salvo especificación contraria en el proyecto, se indica a continuación:

The recommended trench width for installing KANAWEHOLITE pipes, unless specified otherwise in the project design, is indicated below:

Diámetro Nominal del Tubo (DN)	Espaciamiento Lateral Recomendado
Hasta DN 1800	DE/2
> DN 1800	900 mm

Diámetro Nominal del Tubo (DN)	Espaciamiento Lateral Recomendado
Hasta DN 1800	DE/2
> DN 1800	900 mm

4.2.4. Profundidad de la Zanja

4.2.4. Trench Depth

La excavación de la zanja debe exceder la profundidad de proyecto en al menos 15 cm para permitir la colocación de la capa de cama de apoyo y regularización sobre la cual se asentará la tubería.

Trench excavation must exceed project grade depth by at least 15 cm to allow placement of the leveling bedding layer upon which the pipe is laid.

El fondo de la zanja sobre el que se colocará la cama de apoyo debe ser uniforme y estar exento de piedras u objetos punzantes que puedan concentrar tensiones o dañar las tuberías, respetando siempre la pendiente definida en el proyecto.

The trench bottom receiving the bedding layer must be uniform and free of stones or sharp objects that could induce point loads or damage to the pipes, adhering to the design longitudinal slope.

En determinadas situaciones, puede ser necesaria la sustitución parcial del suelo del fondo de la zanja por un material de mejor calidad o mediante una base de concreto, debiendo colocarse siempre sobre dicha base la capa de cama de apoyo.

Under certain ground conditions, partial undercut/replacement of the trench bottom soil with higher-quality backfill or a concrete foundation may be required; a bedding layer must always be placed over such foundation layers.

4.2.5. Alineación y Pendiente

4.2.5. Line and Grade

El control de la pendiente de la plantilla y de la alineación en la zanja debe realizarse rigurosamente según lo establecido en el proyecto, especialmente en instalaciones que operan por gravedad.

Trench invert grade and alignment controls must be rigorously monitored following design specifications, especially for gravity-flow installations.

4.2.6. Zanjas con Entibación

4.2.6. Shored Trenches

Las zanjas que requieren entibado exigen especial atención y deben ser supervisadas por el ingeniero responsable. Las blindajes metálicos o entibados de madera, dispuestos para evitar el desprendimiento del terreno hacia el interior de la zanja, pueden extraerse o dejar en el lugar tras el relleno. En caso de retirar la entibación, se debe verificar que el relleno no sufra daños durante la extracción y que los vacíos dejados se rellenen y compacten adecuadamente.

Trenches requiring shoring demand special attention and must be supervised by the engineer in charge. Sheet piling or timber shoring installed to prevent soil collapse into the trench can be extracted or left in place after backfilling. When extracting shoring sheets, care must be taken to ensure the backfill is not disturbed during removal; voids left by extraction must be filled and properly compacted.

4.2.7. Zanjas con Presencia de Agua o Instalación bajo el Nivel Freático

4.2.7. Wet Trenches or Pipeline Installation Below the Water Table

Como se indicó en el apartado 4.1.1, el suelo en su estado general es un elemento trifásico compuesto de partículas sólidas que forman una matriz porosa cuyos huecos contienen agua y/o aire. Cuando todos los vacíos están llenos de agua, el suelo se denomina "saturado"; si contienen únicamente aire, es un "suelo seco". En condiciones intermedias, se denomina "suelo no saturado".

As addressed in item 4.1.1, soil is a three-phase matrix composed of solid particles whose porous structure contains water and/or air. When all voids are filled with water, the soil is "saturated"; when filled only with air, it is "dry soil." In intermediate conditions, it is "unsaturated soil."

Las zanjas excavadas por debajo del nivel freático requieren operaciones de agotamiento o abatimiento del nivel freático para mantener la estabilidad de la excavación. Se debe emplear un sistema adecuado de bombas de succión para el abatimiento del agua. El nivel freático debe mantenerse por debajo de la cota de excavación hasta que el material de relleno alcance una altura igual o superior al nivel freático original, a fin de garantizar la estabilidad de la zanja. Durante el abatimiento, se deben adoptar medidas preventivas para evitar el arrastre de finos y la formación de oquedades en el terreno.

Trenches excavated below the static groundwater level require dewatering operations to maintain excavation stability. An adequate dewatering system using suction pumps must be deployed. The water level must be maintained below excavation depth until the backfill material reaches a height equal to or greater than the original groundwater table to ensure trench stability. During dewatering, preventive measures must be taken to prevent loss of fines and void formation in the surrounding soil.

Los tubos total o parcialmente sumergidos están sometidos a subpresión o empuje hidrostático (*fuerza de flotación, F_F*), debiendo tomarse precauciones para evitar el desplazamiento o flotación de la tubería, con riesgo de rotura en las uniones y colapso de la instalación. Se recomienda el uso de sacos de lastre (*bags*), recubrimiento de grava o sistemas de anclaje. Una tubería flota cuando el empuje hidrostático supera las fuerzas de anclaje que la sujetan hacia abajo.

Fully or partially submerged pipes are subject to buoyancy forces (F_F). Precautionary measures must be implemented to prevent pipe displacement or flotation, which risks joint rupture and structural failure. Using ballast bags, crushed stone overburden, or mechanical anchoring is recommended under these conditions. A pipeline floats when the buoyant force acting upon it exceeds the restraining downward forces.

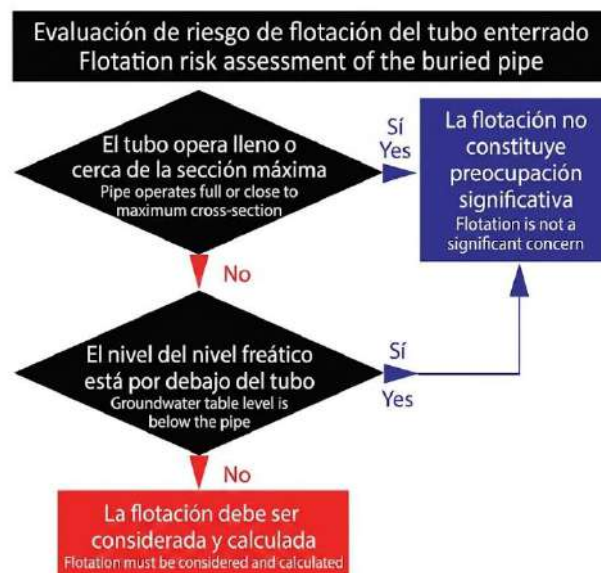


Figura 20 - Diagrama de Flujo para Evaluación del Riesgo de Flotación de Tuberías Enterradas
Figure 20 - Buoyancy Risk Assessment Flowchart for Buried Pipe

Las fuerzas de anclaje opuestas a la flotación del tubo, cuya suma se denomina **Empuje Negativo (E_N)**, corresponden al peso del suelo seco (P_{SE}), peso del suelo saturado (P_{SS}), peso del tubo (P_T) y peso del fluido en el interior de la tubería (P_{FLU}).

*The anchoring forces opposing pipe flotation, whose sum is defined as **Negative Buoyancy (E_N)**, comprise dry soil weight (P_{SE}), saturated soil weight (P_{SS}), pipe weight (P_T), and fluid weight inside the pipe (P_{FLU}).*

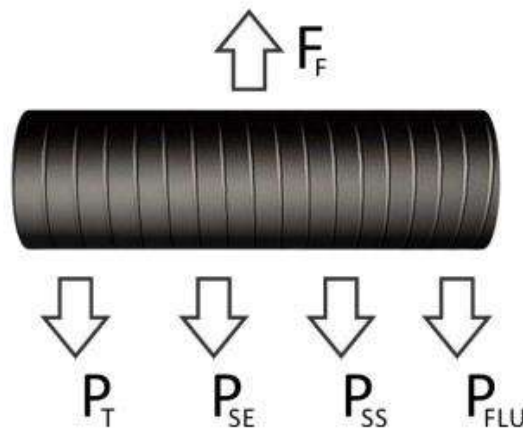


Figura 21 - Fuerzas Actuantes en Tubos Sumergidos o en Suelos Saturados
Figure 21 - Forces Acting on Submerged Pipes or Saturated Soils

Por motivos de seguridad en los cálculos, se recomienda considerar el tubo vacío ($P_{FLU} = 0$) al calcular las fuerzas de anclaje (E_N).

For conservative safety design calculations, the pipe is assumed empty ($P_{FLU} = 0$) when calculating total restraining anchoring forces (E_N).

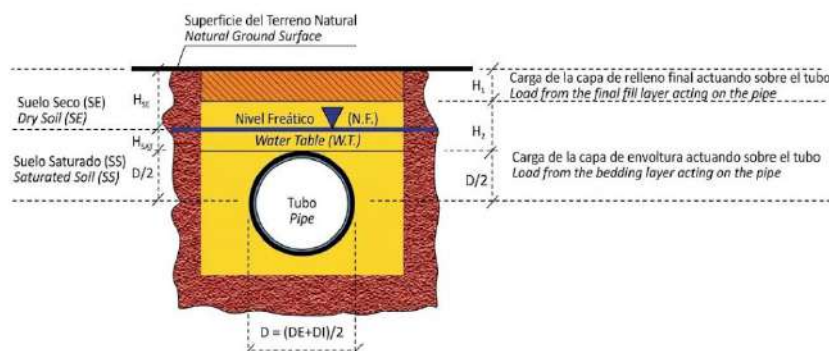


Figura 22 – Sección Transversal Ilustrativa de Zanja con Presencia de Agua
Figure 22 – Illustrative Cross-Section of Trench with Water Table

DN	RESULTANTE (N/m): Empuje – Peso del Tubo (SN2)	RESULTANTE (N/m): Empuje – Peso del Tubo (SN4)
800	-	5.595
1200	-	12.518
1500	19.074	19.544
1800	27.540	-
2000	33.965	34.899
2500	53.120	54.406
3000	76.281	78.424

Nota: Aceleración de la gravedad considerada = 10 m/s^2 ; Densidad del agua subterránea = 1000 kg/m^3 .

Tabla 15 - Fuerza de Flotación y Peso del Tubo KANAWEHOLITE

ND	RESULTANT (N/m): Buoyancy – Pipe Weight (SN2)	RESULTANT (N/m): Buoyancy – Pipe Weight
800	-	5.595
1200	-	12.518
1500	19.074	19.544
1800	27.540	-
2000	33.965	34.899
2500	53.120	54.406
3000	76.281	78.424

Table 15 - Buoyancy Force and KANAWEHOLITE Pipe Weight

4.2.8. Anclaje de Tuberías – Instalación en Zanjas con Nivel Freático Elevado

4.2.8. Pipe Anchoring – Installation in High Water Table Trenches

Los tubos o conexiones pueden requerir anclaje mecánico para evitar su desplazamiento cuando exista nivel freático aflorante en la zanja.

Pipes or fittings may require mechanical anchoring to prevent movement when encountering an outcropping water table within the trench.

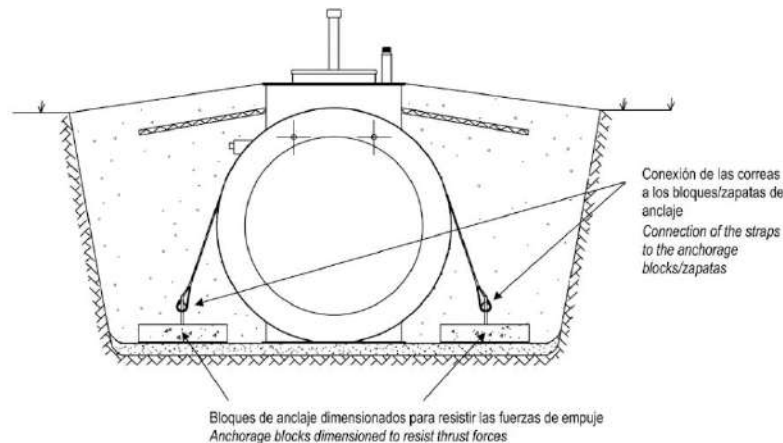


Figura 23 - Sección de Zanja con Tubo KANAWEHOLITE Anclado

Figure 23 - Trench Cross-Section with Anchored KANAWEHOLITE Pipe

Para evitar la flotación del tubo por efecto del nivel freático sobre el fondo de la zanja, es necesario dimensionar los elementos de sujeción antes de la instalación, calculando el equilibrio entre peso y empuje, así como el número y espaciamiento de las placas de anclaje para cada estructura. Al iniciar la instalación, los bloques o zapatas de anclaje se fijan lateralmente al tubo KANAWEHOLITE en el fondo de la zanja.

To prevent pipe uplift from groundwater buoyancy above the trench bottom, anchoring hold-down supports must be engineered prior to installation by calculating buoyancy/weight balances, as well as the quantity and spacing of anchor plates for each specific assembly. Prior to laying, anchor blocks or footings are secured laterally to the KANAWEHOLITE pipe at the trench invert.



Figura 24 - Fijación y Apoyo de la Base del Tubo en el Fondo de la Zanja

Figure 24 - Securing and Supporting Pipe Base at Trench Invert

Sujeto mediante bloques/zapatas y cinchas de anclaje.

Secured using anchor blocks/footings and hold-down straps.

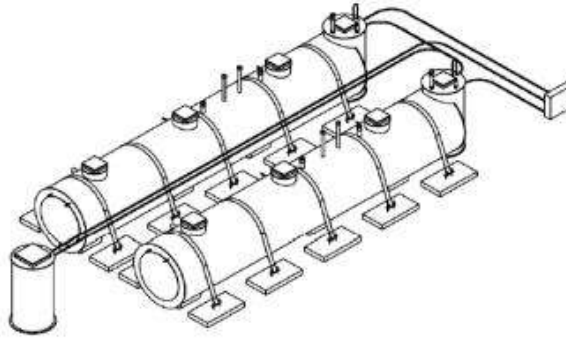


Figura 25 - Ilustración del Espaciamiento de Placas de Anclaje a lo largo de Dos Tanques de Retención

Figure 25 - Illustration of Anchor Plate Spacing Along Two Retention Tanks

Cada par de bloques o zapatas de anclaje debe conectarse mediante una cincha de sujeción a lo largo de la tubería, amarrando, tensionando y fijando firmemente la estructura a las zapatas de anclaje.

Each pair of anchor blocks/footings must be connected by a hold-down strap along the entire pipeline assembly, tying, tensioning, and securing the structure firmly to the anchor footings.

En caso de requerir el colado de concreto en accesorios, estos estarán sometidos a elevadas fuerzas de empuje e hidrostatismo durante el vertido. Para restringir el movimiento, se puede amarrar el tubo o accesorio a una losa de anclaje como se ilustra en la Figura 23. Los amarres pueden realizarse con cinchas planas de poliéster de ancho mínimo de 3 cm, con resistencia suficiente para soportar las fuerzas de flotación y un espaciamiento máximo de 2 m. Las cinchas se deben tensionar lo suficiente para evitar la flotación sin apretar en exceso para no generar deflexiones adicionales en la tubería. El uso de sacos de lastre (*bags*) constituye otro método para evitar el desplazamiento de los tubos durante el fraguado del concreto.

If concrete encasement of fittings is required, these components experience significant buoyant forces during pouring. To restrict movement, the pipe/fitting can be tied down to an anchor slab as illustrated in Figure 23. Tie-downs may consist of flat polyester webbing straps (minimum 3 cm width) with sufficient tensile capacity to withstand flotation forces, spaced at a maximum interval of 2 m. Straps must be tensioned sufficiently to prevent flotation without overtightening, which could induce structural deflection in the pipe/fitting.

4.2.9. Envolverte del Tubo - Recomendaciones Constructivas

4.2.9. Pipe Embedment - Construction Recommendations

El material utilizado en la envolverte debe estar libre de fragmentos rocosos. Deben evitarse suelos de alta plasticidad o con alto contenido de materia orgánica. Asimismo, se debe evitar el empleo de materiales erosionables en la envolverte que puedan ser arrastrados por fugas eventuales en las uniones, previniendo la formación de cavidades que pongan en riesgo la estructura.

Embedment backfill material must be free of rock fragments. Highly plastic soils or soils containing organic matter must be avoided. Likewise, erodible materials susceptible to piping or washout from potential joint leakage must be avoided to prevent void formation and structural destabilization.

A continuación se describen los procesos ejecutivos para la envolvente del tubo de acuerdo con la Figura 26.

The construction procedures for pipe embedment are outlined below according to Figure 26.

4.2.9.1. Capa de Cama de Apoyo

4.2.9.1. Bedding Layer

La primera capa vertida en el fondo de la zanja, la cama de apoyo, soporta la tubería y distribuye uniformemente las tensiones en la parte inferior del tubo. La cama de apoyo también regulariza el fondo de la zanja, eliminando irregularidades o materiales punzantes. El material recomendado es arena sin compactar, pudiendo utilizarse material arcilloso siempre que no haya presencia de agua o nivel freático aflorante en el fondo de la zanja.

The primary layer placed at the trench invert, the bedding, supports the pipe and ensures uniform stress distribution across the lower pipe invert perimeter. The bedding also levels the trench foundation, eliminating surface irregularities and sharp objects along the alignment. Uncompacted sand is the recommended bedding material; clayey materials may be used provided no standing water or groundwater seepage is present at the trench invert.

En caso de fondos de zanja inestables, se debe aplicar un procedimiento de estabilización de la cimentación para reducir asentamientos diferenciales, como la ejecución de una subbase de polvo de piedra o grava según la severidad del terreno, con un espesor no menor a 15 cm.

When soft or unstable trench bottom conditions are encountered, subgrade stabilization procedures must be implemented, such as constructing a structural foundation to mitigate differential settlement. This foundation can be constructed using crushed stone dust or gravel depending on soil severity, maintaining a minimum thickness of 15 cm.

La cama de apoyo debe acanalarse o rebajarse en la zona de las uniones (*juntas*) para mantener la alineación de la generatriz inferior. El espesor de la cama de apoyo debe ser de 15 cm sobre suelo o roca. Idealmente, la compresibilidad de la cama debe ser equivalente a la del relleno compactado en las zonas del acostillado y relleno inicial para asegurar una deformación uniforme del sistema. Una vez nivelada la cama, su zona central se puede escarificar o aflojar hasta una profundidad de 5 cm para el correcto asentamiento de los tubos KANAWEHOLITE.

The bedding layer must be excavated/notched at each joint location (bell holes) to maintain true invert alignment. Bedding thickness shall be 15 cm over soil or rock foundations. Ideally, bedding compressibility should match that of the compacted backfill in the haunching and initial backfill zones to facilitate uniform system deflection during backfilling. After leveling the bedding layer, its central portion may be uncompacted/loosened up to a depth of 5 cm to seat KANAWEHOLITE pipes.

4.1.2.1. Zona del Acostillado y Relleno Inicial

4.2.9.2. Haunching Zone and Initial Backfill Layer

La zona del acostillado (*reverso*), por ser de difícil acceso, requiere atención especial durante el vertido y compactación. La colocación del material bajo los riñones del tubo se realiza manualmente con pala y la compactación con pisón portátil (*manual o mecánico*). La compactación debe ejecutarse meticulosamente para asegurar el contacto continuo del suelo con la tubería, evitando deflexiones verticales excesivas.

The haunching zone, being difficult to access, requires careful placement and compaction. Material placement under the pipe haunches must be performed using hand shovels and compacted using portable rammers (manual or mechanical). Compaction must be performed meticulously to ensure complete soil-to-pipe contact, preventing future excessive vertical pipe deflection.

En las zonas del acostillado y relleno inicial hasta la clave del tubo, las capas deben colocarse y compactarse simétrica y simultáneamente a ambos lados de la tubería. Bajo ninguna circunstancia se debe compactar a diferentes cotas en los laterales del tubo. Para el relleno lateral, la compactación avanza mejor iniciando junto a la pared de la zanja y avanzando hacia el tubo. El número de pasadas del equipo a velocidad constante incrementará la densidad relativa. Cambiar de equipo afectará el número de pasadas requeridas. Las placas vibratorias más pesadas y anchas compactan a mayor profundidad y grado que los equipos ligeros; del mismo modo, los pisones de impacto pequeños tienen menor profundidad efectiva que los pisones pesados.

In the haunching and initial backfill zones up to the pipe crown, uniform lifts must be placed and compacted simultaneously on both sides of the pipe. Under no circumstances should compaction proceed at uneven elevations on opposing pipe sides. For lateral backfilling, compaction generally progresses best when compacted first against the trench sidewall and then inward toward the pipe. Repeated passes of compaction equipment at constant travel speeds increase relative compaction. Changing equipment types alters the required number of passes to reach target density. Heavy, wide vibratory plates achieve deeper compaction than lighter units; similarly, smaller impact rammers have less effective compaction depth than heavy rammers.

4.2.9.3. Compactación de las Capas

4.1.2.2. Layer Compaction

Las profundidades de instalación, máxima y mínima permitidas, se determinan según la selección del material y el nivel de compactación del relleno en la zona del tubo. Cuanto más firme sea el suelo, mayor será la profundidad a la que se puede instalar la tubería, respetando el límite de deflexión del proyecto.

Maximum and minimum allowable installation depths are determined by the material selection and compaction level of the backfill in the pipe zone. The stiffer the soil, the greater the depth at which the pipe can be installed while remaining within design deflection limits.

En el apartado 4.1.2 se presenta una descripción detallada sobre tipos de suelo y niveles de compactación.

Item 4.1.2 presents a more detailed approach regarding soil types and compaction levels.

Se recomienda precaución durante la compactación, ya que los equipos generan cargas dinámicas capaces de dañar o desalinear las tuberías durante la instalación. Nunca deben aplicarse golpes directos sobre el tubo, y se deben adoptar precauciones para no alterar la forma ni la alineación de la tubería por exceso de compactación.

Caution is recommended during compaction activities, as equipment can generate dynamic loads capable of damaging or misaligning pipes during installation. Direct blows must never be delivered to the piping, and care must be taken to ensure that pipe shape and alignment are not altered by over-compaction.

Para optimizar el método de instalación con un tipo de relleno determinado, se deben realizar observaciones durante la ejecución de los primeros tramos, evaluando la compactación relativa resultante en función del tipo de suelo, procedimiento de colocación y compactación en las zonas de zanja y relleno lateral, espesor de capas,

contenido de humedad y número de pasadas del equipo. Estas observaciones aportan un criterio práctico para definir la energía de compactación necesaria.

To optimize the installation method for a given backfill type, observations should be made during the installation of the initial pipe segments. These observations should correlate the resulting relative compaction as a function of soil type, placement and compaction methods in the trench and sidefill zones, lift thickness, moisture content, and number of passes. This process builds sound practical insight for defining required efforts during installation.

La verificación del incremento del diámetro vertical del tubo constituye una referencia adecuada para evaluar la energía de compactación aplicada en la zona de la zanja. Niveles excesivos de compactación lateral pueden provocar una expansión vertical no deseada (*ovalización*). De ocurrir esto, se deben reajustar los niveles de compactación lateral antes de continuar con la instalación.

Monitoring vertical pipe diameter increase serves as a reliable indicator for assessing compaction effort applied during installation when backfill must be properly placed and compacted in the trench zone. Excessive lateral compaction levels can cause unwanted vertical diametral expansion (over-deflection). If this occurs, lateral compaction levels must be adjusted before proceeding.

La compactación sobre la clave del tubo debe garantizar un recubrimiento suficiente para evitar impactos directos sobre la estructura. Se debe mantener una cobertura mínima de 30 cm sobre la clave del tubo cuando se utilicen compactadores de placa vibratoria manuales.

Compaction over the pipe crown must ensure sufficient cover to avoid impacting the pipe. A minimum cover of 30 cm above the pipe crown must be maintained when using hand-operated vibratory plate compactors.

4.2. Instalación de la Tubería

4.3. Pipe Laying

Antes de iniciar el tendido, se debe verificar que los tubos y materiales estén libres de defectos. Las tuberías deben limpiarse cuidadosamente tras su transporte o manipulación. La colocación del tubo debe realizarse con cuidado, respetando las pendientes y alineaciones de proyecto.

Before laying operations begin, pipes and materials must be inspected to ensure they are free of defects. Pipes must be thoroughly cleaned following transport or handling. Pipe laying must be executed carefully, strictly adhering to design lines and grades.

4.3.1. Posicionamiento del Tubo en la Zanja

4.2.2. Pipe Positioning in the Trench

Los tubos deben manipularse con equipo mecánico mediante cinchas de nylon sujetas como mínimo en tres puntos a lo largo de la pieza. El equipo mecánico también puede emplearse para facilitar el acoplamiento de las juntas.

Pipes must be placed using mechanical equipment equipped with nylon slings secured at a minimum of three pick points along the pipe length. Mechanical equipment may also be used to facilitate jointing.

Si existen equipos pesados en movimiento cerca de la excavación, se debe mantener una distancia mínima de 2 m respecto al eje de la tubería para evitar daños durante la instalación.

If heavy construction equipment operates near the trench, a minimum clearance of 2 m from the piping center line must be maintained to prevent damage during installation.

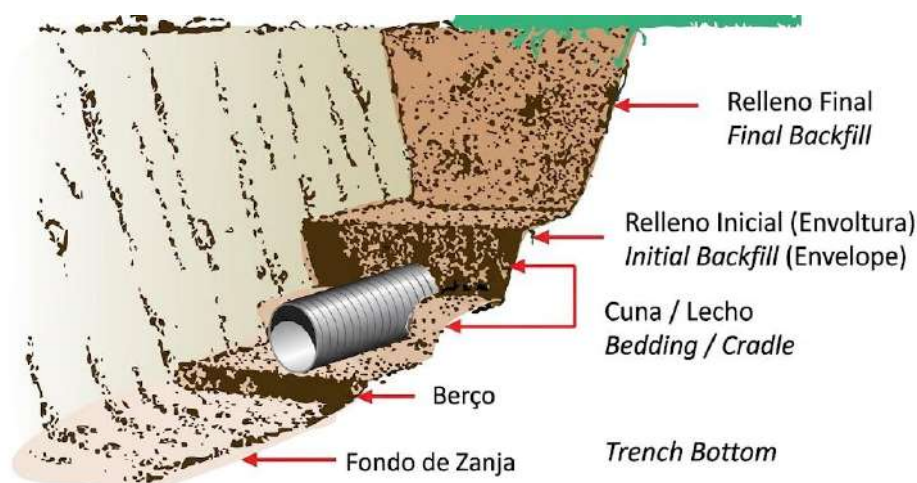


Figura 26 – Modelo de Instalación
Figure 26 – Installation Model

4.2.3. Tubos Paralelos en Zanja

4.3.2. Parallel Pipes in a Single Trench

Cuando se instalan dos tubos paralelos en la misma zanja, el distanciamiento recomendado entre ellos se indica en la Tabla 16:

When two pipes are installed parallel within the same trench, the recommended spacing between them is presented in Table 16:

Diámetro Nominal del Tubo (DN)	Espaciamento E Recomendado entre Tubos
Hasta DN 1800	DE/2
> DN 1800	900 mm

Tabla 16 – Distanciamiento E Recomendado entre Tubos Paralelos
Table 16 – Recommended Spacing E Between Parallel Pipes

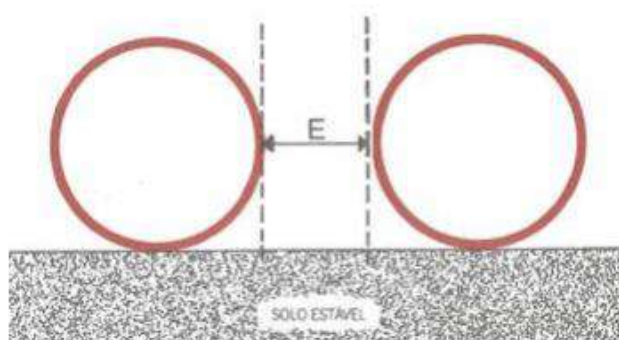


Figura 27 – Espaciamento entre Tubos Paralelos
Figure 27 – Spacing Between Parallel Pipes

Si se requiere instalar más de dos tubos paralelos, se recomienda excavar zanjas independientes separadas a 1,0 m, albergando un máximo de 2 tubos por zanja. Esta recomendación busca limitar el ancho de la zanja para preservar la interacción tubo-suelo y no comprometer los límites de deflexión vertical de los tubos. En caso de instalar tubos de diferente diámetro en la misma zanja, se recomienda asentar sus plantillas al

mismo nivel. De no ser posible, se debe emplear material de envolvente adecuado para rellenar desde el fondo de la zanja hasta la cota de la cama de apoyo del tubo más elevado. Este material, así como el ubicado entre tubos, debe compactarse para garantizar la interacción tubo-suelo.

If more than two parallel pipes are required, separate trenches spaced at 1.0 m should be excavated, housing up to 2 pipes per trench. This limits trench width to maintain proper pipe-soil system interaction and prevent exceeding vertical deflection limits, as discussed in this manual. When installing pipes of different diameters in the same trench, their inverts should be laid at the same elevation. If this is not feasible, suitable embedment material must be used to backfill from the trench bottom up to the bedding grade of the higher pipe. This material, as well as the material between pipes, must be compacted to ensure structural pipe-soil interaction.

4.3.3. Instalación de Tuberías en Terrenos de Alta Pendiente

4.2.4. Pipe Installation on Steep Slopes

El ángulo límite de estabilidad depende de la calidad del suelo; el riesgo de inestabilidad en la instalación aumenta significativamente con el ángulo de la pendiente. En general, las tuberías enterradas no deben instalarse en pendientes superiores a 15 grados o en zonas con inestabilidad de taludes.

The angle at which slopes become unstable depends on soil quality; installation instability risks increase significantly with slope angle. Generally, buried pipes should not be installed on slopes exceeding 15 degrees or in areas exhibiting slope instability.

En instalaciones enterradas, se permite tendido en pendientes superiores a 15 grados en circunstancias especiales, siempre que:

For buried applications, pipes may be installed on slopes greater than 15 degrees under special conditions, provided that:

- Se garantice la estabilidad a largo plazo mediante un diseño geotécnico adecuado;
Long-term stability is validated through an appropriate geotechnical design;
- Los tubos se entierren empleando una envolvente de material granular cohesivo con alta resistencia al corte, o mediante otros métodos de contención estructural. Las capas de envolvente y relleno final deben compactarse al menos al 94% Proctor Normal;
Pipes are buried using a cohesive granular embedment material with high shear strength, or shear strength is ensured through other structural means. Embedment and final backfill layers must be compacted to at least 94% Standard Proctor density;
- Las tuberías se instalen en alineación recta y con la menor holgura posible en las juntas;
Pipes are installed in straight alignments with minimum joint gaps;
- La instalación disponga de un sistema de drenaje adecuado para evitar erosiones y preservar la resistencia al corte del suelo. Se debe monitorear la estabilidad individual de cada tubo durante el proceso, controlando las tolerancias en cada unión.
The installation is adequately drained to prevent washouts and maintain soil shear strength. Individual pipe stability must be monitored throughout installation, specifically checking joint gap tolerances.

4.2.5. Tuberías en Terraplén / Clave sobre la Cota del Terreno Natural

4.3.4. Embankment Pipes / Crown Above Natural Ground Level

Como se indicó en el apartado 3.1.2, esta condición especial de instalación difiere del tipo "en zanja" (por ejemplo, alcantarillas en carreteras y vías férreas). Se deben considerar dos aspectos críticos: los laterales del terraplén no ofrecen la misma contención estable que las paredes de una zanja en suelo natural, pudiendo requerir estructuras de soporte tipo gaviones o muros equivalentes. Además, estas instalaciones suelen carecer de pozos de inspección en los extremos, por lo que deben evaluarse los riesgos de crecimiento de vegetación e incendios al especificar los acabados de las embocaduras.

As addressed in item 3.1.2, this represents a special installation condition distinct from "trench conditions," such as railway or highway culverts. Two special precautions must be considered for this application: trench sidewalls in natural ground provide stability that embankment fills may lack, potentially requiring retention structures like gabions or equivalent support walls. Additionally, termination manholes are often absent at pipe ends; vegetation growth and wildfire risks must be evaluated when specifying end-finishing treatments.

4.3.5. Deflexión Angular

4.2.6. Angular Deflection

Se aceptan deflexiones angulares menores debido a la flexibilidad longitudinal de los tubos KANAWEHOLITE. Sin embargo, la práctica habitual en redes de alcantarillado y drenaje es la instalación en línea recta.

Minor angular deflections are acceptable due to the longitudinal flexibility of KANAWEHOLITE pipes. However, standard practice for sewer and drainage networks dictates straight-line alignment installation.

4.3. Reconstrucción del Pavimento

4.4. Pavement Restoration

El recubrimiento superior de la tubería debe realizarse en capas compactadas de 30 cm hasta alcanzar una cota mínima de 80 cm sobre la clave del tubo, utilizando material libre de piedras o elementos punzocortantes. El resto del relleno se puede completar con material granular de la propia excavación compactado en capas de 30 cm. Si el suelo excavado no alcanza el 94% Proctor Normal requerido, se debe sustituir el material del relleno final por uno de mejor calidad.

Pipe backfill overlay must be placed in 30 cm compacted lifts to a minimum depth of 80 cm above the pipe crown using material free of rocks or sharp, jagged objects. The remaining cover may be filled using local excavated granular material compacted in 30 cm lifts. If excavated material fails to achieve the required 94% Standard Proctor compaction density, the final backfill material must be replaced with higher-quality backfill.

Se deben proyectar obras de llegada/desemboque en los extremos de la red (como muros de ala y disipadores de energía) para proteger la tubería contra el vandalismo, el fuego o erosiones por alta velocidad del fluido.

Outfall structures such as headwalls and energy dissipators must be provided at the pipe discharge point to protect the network against vandalism, fire, or high fluid velocity erosion.

4.5. Entrega y Salida en Cajas de Paso o Pozos de Visita (PV)

4.4. Penetrations in Manholes or Maintenance Holes (MH)

El remate de llegada o salida de la tubería en Cajas de Paso o Pozos de Visita debe ejecutarse introduciendo el tubo al menos 20 cm al interior de la pared de la estructura. Se recomienda empotrar un ancho equivalente a por lo menos dos perfiles/anillos del tubo en la pared lateral. La pared exterior de la caja o pozo se debe reforzar con un collarín de concreto de 20 cm de espesor.

Pipe connections at junction boxes or maintenance holes (MH) require extending the pipe at least 20 cm beyond the internal wall. Wall penetration thickness should span at least the width of two pipe profile ribs. The external wall of the manhole structure must be reinforced with a 20 cm concrete collar.



Figura 28 – Llegada/Salida en Caja de Paso o Pozo de Visita (PV)

Figure 28 – Entry/Exit in Junction Box or Maintenance Hole (MH)

5. Unión de Tubos y Accesorios

5. Joining Pipes and Fittings

5.2. Juntas de Soldadura por Extrusión

5.1. Extrusion Welded Joints

Las juntas soldadas y fundidas deben ser realizadas por personal calificado y de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Welded and fused joints must be performed by qualified personnel in accordance with the manufacturer's instructions.

La soldadura por extrusión se utiliza en tuberías aplicadas en redes por gravedad donde se requiera estanqueidad y resistencia a la tracción en las uniones. La soldadura debe ser ejecutada desde el interior, exterior o ambos lados del tubo por operadores debidamente capacitados.

Extrusion welding is used for pipes applied in gravity-flow networks where joint watertightness and tensile strength are required. Welding must be carried out from inside the pipe, outside, or both sides, by properly trained operators.



Figura 29 - Soldadura por extrusión manual
Figure 29 - Manual extrusion welding



Figura 30 - Soldadura mediante máquina de soldar interna
Figure 30 - Welding by internal welding machine



Figura 31 - Soldadura mediante máquina de soldar externa
Figure 31 - Welding by external welding machine

Para mayor detalle, consulte el manual de instrucciones de la máquina de soldar a utilizar.

For further details, please refer to the instruction manual of the welding machine being used.

5.1.2. Proceso de Soldadura por Extrusión

5.1.2. Extrusion Welding Process

Los extremos de los tubos deben prepararse con anticipación, cortando el tubo siguiendo el perfil espiralado helicoidal de la pared de la tubería. Como este perfil es hueco, su extremo queda abierto y debe ser taponado soldando una placa de PE que cubra completamente la abertura, como se muestra en la figura inferior. Es fundamental que los "puntos de referencia de soldadura" de ambos tubos (a unir) se corten

exactamente al mismo ángulo de 90°. Esto permite que ambos extremos se suelden perfectamente juntos, logrando una unión resistente.

Pipe ends must be prepared in advance by cutting the pipe along the helical spiral wall profile. Because this profile is hollow, its end remains open and must be sealed by welding a PE plate that completely covers the opening, as shown in the figure below. It is essential that the "weld reference points" of both pipes (to be joined by welding) are cut at the exact same 90° angle. This ensures that both pipe ends can be welded together perfectly, resulting in a strong weld.

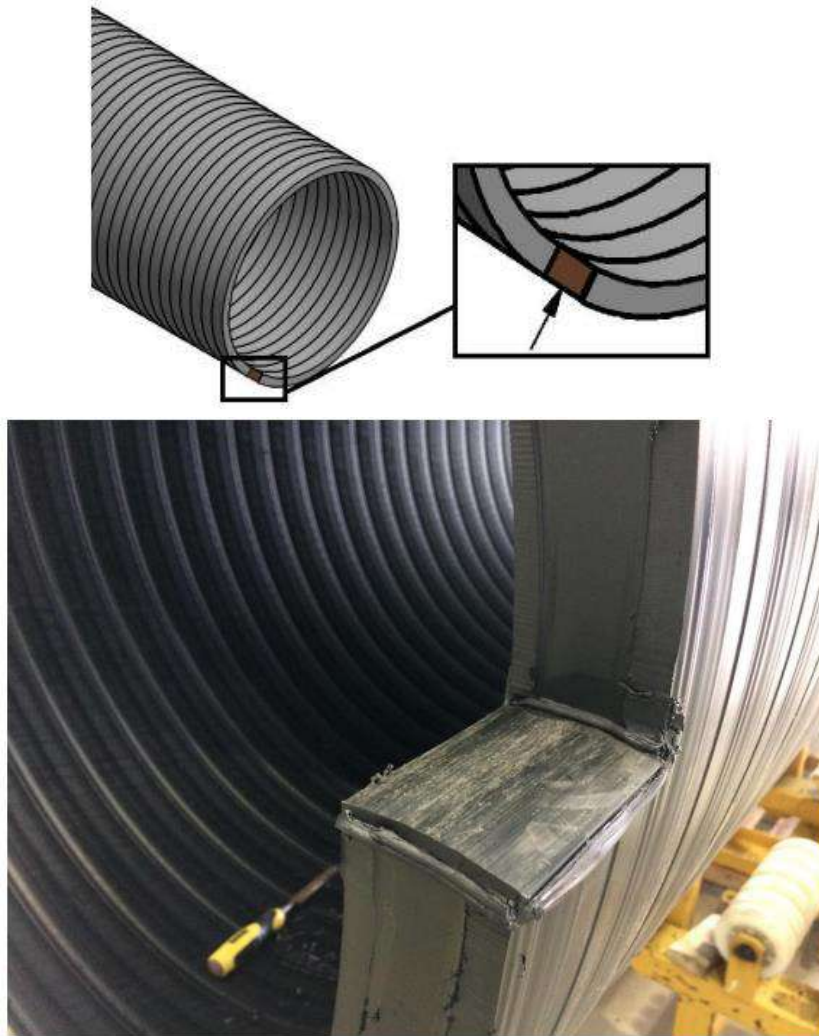


Figura 32 - Extremo del tubo KANAWEHOLITE taponado

Figure 32 - Sealed KANAWEHOLITE pipe end

El taponado del perfil con la lámina de PE actúa como una barrera para evitar que el material fundido de la soldadura escape y fluya hacia el interior del perfil del otro tubo, lo cual podría generar una pérdida de presión y resultar en una soldadura débil en el "punto de referencia".

Sealing the profile with the PE sheet acts as a barrier to prevent molten weld material from escaping and flowing into the profile of the adjacent pipe, which could cause a pressure drop. This could lead to a weak weld at the "weld reference point".

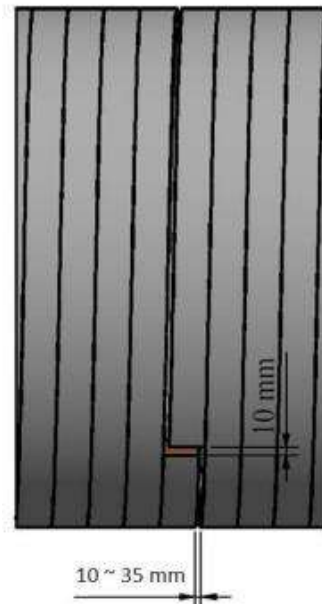


Figura 33 - Posicionamiento de los extremos de los tubos KANAWEHOLITE antes de soldar
Figure 33 - Position of KANAWEHOLITE pipe ends prior to welding

Cuando los extremos de los tubos se unen para soldar, queda un espacio uniforme de aproximadamente 10 a 35 mm entre ellos, incluyendo la abertura en el "punto de referencia de soldadura".

When the pipe ends are brought together for welding, a uniform gap of approximately 10 to 35 mm exists between the pipe ends, including the opening at the "weld reference point".

Antes de soldar, coloque los tubos sobre un soporte en V, como se muestra en la Figura 34. A continuación, gire el "punto de referencia de soldadura" del primer tubo hasta la posición de las 4 horas (135°), según la Figura 33. Luego, junte los tubos para que los "puntos de referencia" traben el conjunto. Es fundamental que la distancia entre los extremos del tubo sea equidistante.

Prior to welding, place the pipes on a V-shaped support as shown in Figure 34. Next, rotate the "weld reference point" of the first pipe to the 4 o'clock position (135°), as shown in Figure 33. Then, join the pipes so that the "weld reference points" lock the assembly. It is essential that the distance between the pipe ends remains equidistant.

Los extremos deben limpiarse con un solvente adecuado, como acetona, asegurando que estén libres de suciedad o grasa.

The ends must be cleaned with a suitable solvent, such as acetone, and kept free of dirt or grease.



Figura 34 - Fijación de los tubos en un soporte en V / *Figure 34 - Secure pipes on a V-shaped support*

Para alinearlos con precisión antes de recibir la soldadura, se posiciona y fija una cincha metálica sobre la superficie exterior de los extremos, como muestra la Figura 35. La soldadura debe iniciarse en la superficie interna del tubo.

For precise alignment prior to welding, a metallic band is positioned and secured over the outer surface ends of the pipes, as shown in Figure 35. Welding should begin on the internal surface of the pipe.



Figura 35 - Cubrir las holguras con la cincha metálica
Figure 35 - Cover the gaps with the metallic band

La dirección de soldadura (Figuras 36 y 37) se inicia aproximadamente a la posición de las 8 horas desde el extremo del tubo, opuesta al "punto de referencia de soldadura" (ubicado al otro lado a las 4 horas). Alternativamente, se puede iniciar entre 200 mm y 300 mm antes del "punto de referencia".

The welding direction (as shown in Figures 36 and 37) begins at approximately the 8 o'clock position from the pipe end, opposite the "weld reference point" (located on the other side of the pipe at 4 o'clock), as previously mentioned. Alternatively, the welding process can begin approximately 200 mm to 300 mm before the "weld reference point".

Vista E (lateral izquierda)

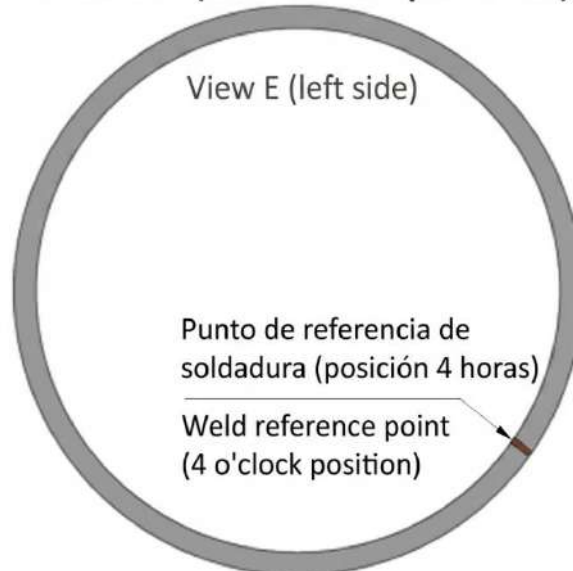


Figura 36 - Dirección de soldadura por el interior del tubo a la posición 4h

Figure 36 - Internal welding direction at the 4 o'clock position

Vista D (lateral derecha)



Figura 37 - Dirección de soldadura por el interior del tubo a la posición 8h

Figure 37 - Internal welding direction at the 8 o'clock position

Una alineación cuidadosa de los tubos KANAWEHOLITE resulta en una fusión perfectamente simétrica, distribuida y uniforme, como se observa en la sección transversal del "punto de referencia de soldadura" en la Figura 38.

Careful alignment of KANAWEHOLITE pipes results in a perfectly symmetrical, well-distributed, and uniform weld fusion, as shown in the cross-section photo of the joint's "weld reference point" in Figure 38.



Figura 38 - Dirección de soldadura en la superficie interna del tubo

Figure 38 - Welding direction on the internal pipe surface

5.1.3. Material de Aporte (Cordón de Soldadura)

5.1.3. Filler Wire (Welding Rod)

El material de soldadura es un cordón de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) denominado material de aporte, desarrollado específicamente para procesos de soldadura por extrusión. Fabricado con resina 100% virgen, garantiza la fusión y estanqueidad en la unión de tubos KANAWEHOLITE.

The welding material mentioned in the previous paragraph is an HDPE (High-Density Polyethylene) bead known as filler wire, specifically developed for extrusion welding processes. Manufactured from 100% virgin resin, it guarantees joint fusion and watertightness when joining KANAWEHOLITE pipes.

El aporte se identifica con una etiqueta fijada al rollo y replicada en el carrete interno, indicando nombre del producto, diámetro nominal y número de lote. Se suministra en rollos de 10 kg empacados en película plástica.

The filler wire is identified by a label attached to the spool and duplicated on the inner core, indicating product name, nominal diameter, and batch number. It is supplied in 10 kg spools wrapped in plastic film.

Kanaflex mantiene en inventario cordón de aporte de 4 mm de diámetro en color negro. Consulte condiciones comerciales para su suministro.

Kanaflex keeps black 4 mm diameter filler wire in stock. Consult commercial terms for supply.



5.2. Juntas Roscadas (No Estancas)

5.2. Threaded Joints (Non-Watertight)



Figura 39 – Juntas Roscadas

Figure 39 – Threaded Joints

- Alinee los tubos vertical y horizontalmente.

Align pipes vertically and horizontally.

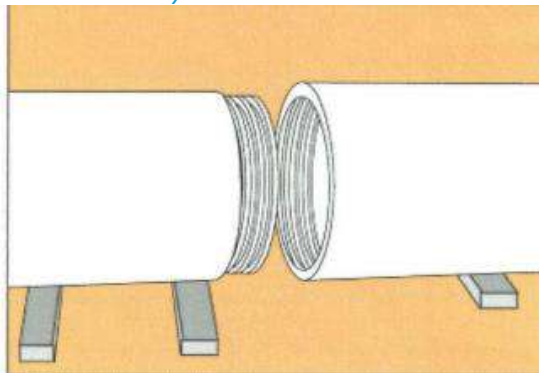


Figura 40

Figure 40

- Verifique que los tubos estén libres de suciedad, arena, humedad, polvo, etc.

Ensure pipes are clean and free of dirt, sand, moisture, dust, etc.

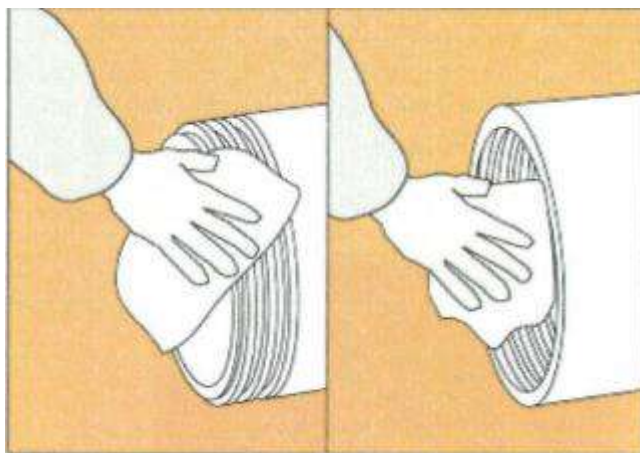


Figura 41

Figure 41

- Rosquee los extremos 'macho' y 'hembra' de la tubería.

Thread the 'male' and 'female' ends of the piping together.

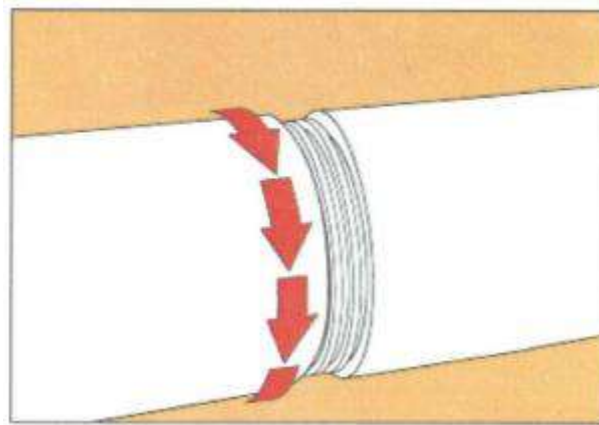


Figura 42
Figure 42

- Los tubos se pueden roscar mediante una palanca o cincha de sujeción. Si es necesario, se puede emplear una excavadora para facilitar el roscado. Para facilitar la rotación, se pueden colocar sobre pollines de madera o soportes de rodillos.

Pipes can be threaded using a lever or a strap wrench. If necessary, an excavator may be used to assist in threading the pipes. To facilitate rotation, pipes can be placed on wooden planks or roller supports.

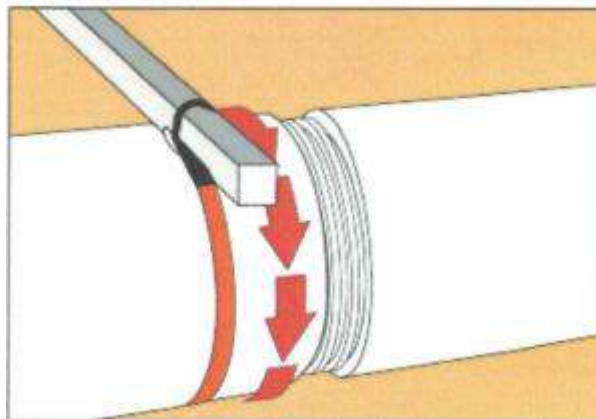


Figura 43
Figure 43

- La unión es a prueba de arena. Si se requiere estanqueidad al agua, la junta se puede soldar por extrusión desde el interior, exterior o ambos lados. También se puede impermeabilizar mediante una manta termocontraíble o una manga de acoplamiento de caucho.

The assembly is sand-tight. If watertightness is required, the joint can be extrusion welded from the inside, outside, or both sides of the pipe. The joint can also be waterproofed using a heat-shrink sleeve or a rubber sleeve coupling.

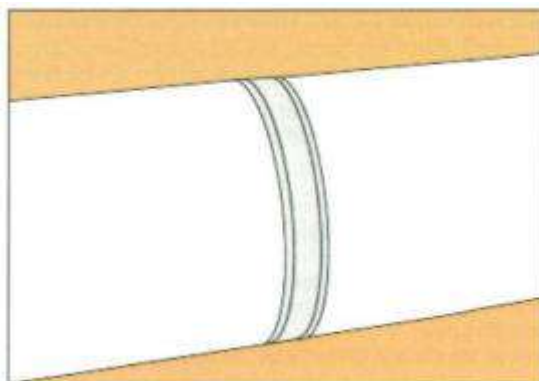


Figura 44

Figure 44



Figura 45 - Tanque de retención o detención construido con tubos KANAWEHOLITE

Figure 45 - Retention or detention tank constructed with KANAWEHOLITE pipes

El manejo de aguas pluviales mediante el sistema KANAWEHOLITE se utiliza para almacenar agua de lluvia y prevenir inundaciones. Las juntas se conectan y sellan con cinchas mecánicas, como muestra la Figura 45. Adicionalmente, para aumentar la resistencia, las juntas se pueden soldar internamente en sitio tras su posicionamiento.

Stormwater runoff managed through a KANAWEHOLITE piping system is used to store rainwater runoff and prevent flooding. The pipes have their joints connected and sealed with mechanical bands, as shown in Figure 45. Furthermore, to increase structural strength, joints can also be internally welded on-site after positioning the pipes.

5.3. Conexión con Tuberías Existentes

5.3. Connection to Existing Pipes

Para conectar tubos KANAWEHOLITE a una tubería existente o de pared estructurada con diseño diferente, se aplican los mismos procedimientos de reparación utilizando un acople o adaptador adecuado.

To connect KANAWEHOLITE pipes to an existing pipeline or to a structured-wall pipe of a different profile design, the same repair procedures can be performed using an appropriate adapter fitting.

Cuando se requiera una conexión tipo montura (cometida/silla), se deben seguir rigurosamente las instrucciones del fabricante del accesorio.

In cases where a saddle connection is required, the fitting manufacturer's instructions must be strictly followed.

5.4. Conexión con Estructuras Rígidas

5.4. Connection to Rigid Structures

El término "estructura" se refiere a muros de edificación, pozos de inspección, alcantarillas, accesorios, etc. La conexión de un tubo KANAWEHOLITE a una estructura depende del diámetro del tubo y de las dimensiones de la estructura en el punto de entrega, asegurando un sellado adecuado sin generar daños a la tubería.

The term "structure" herein refers to building walls, culvert inspection boxes, fittings, etc. Connecting a KANAWEHOLITE pipe to a structure depends on both the pipe size and the structure dimensions at the connection point to ensure the assembly is properly sealed without causing damage to the pipeline.

Si se conecta a una tubería de estructura diferente, se debe colocar una junta flexible bajo el tubo KANAWEHOLITE cerca de la tubería existente, o en una zona que permita el libre movimiento de transición. También se puede considerar la construcción de un collarín de refuerzo. Existen accesorios especiales para este fin y se deben seguir las instrucciones del fabricante.

If a KANAWEHOLITE pipe is connected to a pipeline with a different structure, a flexible connection must be placed under the KANAWEHOLITE pipe near the existing pipe, or within a transition zone that accommodates movement. Constructing a concrete encasement reinforcement may also be considered. Special fittings for this purpose are available, and manufacturer instructions must be followed in such cases.

5.5. Reparaciones

5.5. Repairs

Existen coples deslizantes o acoplamientos específicos para la ejecución de reparaciones. Se recomienda adoptar las siguientes pautas generales:

Kanaflex Indústria e Comércio de Plásticos Ltda | 26.092.860/0001-96
Rua José Semião Rodrigues Agostinho, 272 | Embu das Artes-SP
(11) 4785-2100

Slip couplers or purpose-built repair couplings are available for executing repairs. The following general guidelines should be adopted where applicable:

- Identificar y remover toda la longitud de la sección dañada;
Identify and remove the full length of the damaged section;
- Cortar a escuadra los extremos del tubo de reemplazo y prepararlos para un ajuste a presión;
Cut replacement pipe ends square and prepare them for a push-fit installation;
- Posicionar coples de reparación Flex-seal sobre los extremos expuestos de la tubería. Colocar el tubo de reemplazo sobre la cama de apoyo preparada y deslizar los coples Flex-seal a su posición final;
Position Flex-seal repair couplings over the exposed ends of the existing pipeline. Place the replacement pipe properly onto the prepared bedding and slide the Flex-seal couplings into their final positions;
- Asegurar que el material de la cama no entre en contacto con los acoplamientos y que los extremos del tubo estén limpios;
Ensure the bedding does not contact the couplings and that pipe ends are clean;
- Centrar los acoplamientos sobre la junta durante su colocación;
Center couplings evenly over the joint interface during placement;
- Verificar la alineación y pendiente del tramo reparado;
Verify line and grade of the newly installed pipe section;
- Apretar todos los pernos de manera uniforme para eliminar holguras antes del apriete final (torque entre 20 y 25 Nm);
Tighten all bolts evenly to remove slack prior to final torqueing (between 20 and 25 Nm);
- Reemplazar y compactar el relleno de la cama de apoyo con niveles de densidad equivalentes a las zonas adyacentes;
Replace and compact bedding backfill to density levels matching adjacent undisturbed zones;
- Reajustar los pernos antes de completar el relleno sobre el tubo. Idealmente, los coples Flex-seal deben retensionarse a la mañana siguiente de realizar la reparación.
Retighten bolts before completing backfill above the pipe. Ideally, Flex-seal couplings should be re-tensioned the morning after the repair is completed.

5.6. Pruebas de Campo

5.6. Testing

Cuando sea requerido, se realizará una inspección especializada para verificar el cumplimiento de las especificaciones del proyecto. Como parte de la recepción final, se pueden realizar pruebas de estanqueidad. La prueba de estanqueidad de los tubos KANAWEHOLITE se realiza conforme a la normativa local, tomando habitualmente como referencia la siguiente norma:

Where required, specialized installation inspections may be conducted to confirm compliance with project specifications. Watertightness testing may be performed as part of final acceptance. Watertightness testing of KANAWEHOLITE pipes follows local standards and requirements, typically referencing the following standard:

- **EN 1610** – Construcción y ensayo de redes de desagüe y alcantarillado. Cláusula 13 - Ensayos.

6. Manipulación y Transporte

6. Handling and Transport

Los vehículos de entrega deben mantener el área de carga (tolva o plataforma) limpia, completamente plana y libre de objetos punzocortantes en todo momento. Se deben tomar precauciones para evitar el deslizamiento o la flexión excesiva de los tubos. La carga debe estar debidamente protegida para el transporte, a fin de evitar la fricción o abrasión. La carga solo debe sujetarse con eslingas o cinchas adecuadas; bajo ninguna circunstancia se deben utilizar cadenas o cuerdas. En el caso de tuberías con conexiones integradas, estas no deben estar en contacto entre sí.

Delivery vehicles must constantly keep their cargo area (truck bed) clean, completely flat, and free of sharp objects. Care must be taken to prevent sliding or excessive bending of the pipes. The load must be securely tied down and protected during transport to prevent friction or abrasion. The load must only be secured with appropriate straps; under no circumstances should chains or ropes be used. For pipes with integrated fittings, the fittings must not be in contact with one another.

Durante el transporte y manipulación de los tubos, se deben evitar impactos o contactos con elementos que puedan comprometer su integridad, tales como objetos cortantes, punzocortantes con aristas vivas, piedras, etc.

During transport and handling, pipes must be protected from impacts or contact with elements that could compromise their integrity, such as sharp or pointed objects, sharp edges, rocks, etc.

La descarga debe realizarse cuidadosamente. No se debe permitir que los tubos caigan o sean arrojados directamente al suelo para evitar abolladuras, roturas, perforaciones o la concentración de cargas en un solo punto (ver Figura 46).

Unloading must be carried out carefully. Pipes must not be dropped directly onto the ground to avoid denting, breaking, puncturing, or concentrating loads on a single point (see Figure 46).

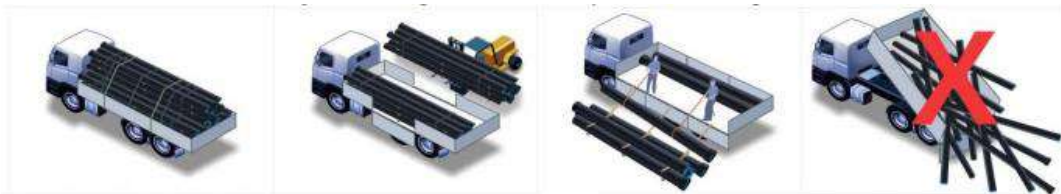


Figura 46 - Cuidados en el transporte y descarga

Figure 46 - Care during transport and unloading

La descarga puede realizarse con ayuda de equipos mecánicos utilizando eslingas de nylon, sujetadas en al menos tres puntos a lo largo del tubo.

Unloading may be performed with mechanical equipment using nylon slings secured at a minimum of three pick points along the pipe.



Figura 47 - Descarga y manipulación manual y con eslingas de nylon
Figure 47 - Manual unloading and handling with nylon slings

No se recomienda el uso de ningún otro material de izaje, como cadenas o cables de acero, ya que pueden dañar los tubos.

Using any other lifting materials, such as chains or steel wire ropes, is not recommended as they may damage the pipes.

Todos los materiales deben ser inspeccionados cuidadosamente al momento de la entrega. En caso de presentarse algún defecto, este debe ser notificado y comunicado de inmediato. El apilamiento de los tubos debe realizarse sobre un terreno firme y plano, capaz de soportar uniformemente el peso de las tuberías y de los equipos de elevación.

All materials must be carefully inspected upon delivery. If any defects are found, they must be reported and communicated immediately. Pipe stacks must be placed on firm, flat ground to support the weight of the piping and lifting equipment uniformly.

Por motivos de seguridad y facilidad de manipulación, no se recomienda apilar las tuberías KANAWEHOLITE.

For safety reasons and handling convenience, stacking KANAWEHOLITE pipes is not recommended.

7. Almacenamiento y Acopio

7. Storage and Stockpiling

El almacenamiento o acopio de los tubos KANAWEHOLITE debe realizarse apoyándolos sobre soportes de madera, en un terreno firme y plano, libre de cualquier elemento que pueda dañar el material, como superficies rígidas con aristas vivas, objetos cortantes o punzocortantes, piedras, escombros, etc.

KANAWEHOLITE pipes must be stored resting on wooden supports on firm, flat ground, free of any elements that could damage the material, such as rigid surfaces with sharp edges, sharp or pointed objects, rocks, debris, etc.

Evite golpear los extremos de los tubos para prevenir cualquier tipo de daño. No arrastre los tubos.

Avoid impacts on the pipe ends to prevent any damage. Do not drag the pipes.



Figura 48 - Acomodación sobre travesaños de madera

Figure 48 - Accommodation on wooden crosspieces

Para evitar deformaciones, los tubos no deben almacenarse directamente sobre el suelo. Se deben disponer de manera horizontal, colocando la primera capa sobre listones transversales de madera de al menos 10 cm de ancho, espaciados a un máximo de 50 cm (Figura 48). Se deben colocar estacas verticales cada metro como soporte lateral para las capas de tubos, o bien utilizar calzos anchos de madera.

Pipes must not be stored directly on the ground to prevent deformation. They must be laid horizontally, where the first layer is placed on wooden crosspieces at least 10 cm wide, spaced at a maximum of 50 cm (Figure 48). Vertical stakes spaced every meter or wide wooden blocks should be used for lateral support of the pipe layers.

El apilamiento debe restringirse a diámetros de hasta DN 1200 mm. Almacene a una altura máxima de tres metros para facilitar la colocación y el retiro de los tubos de la capa superior. Los tubos no deben quedar expuestos a la intemperie por un período superior a 12 (doce) meses.

Stacking must be restricted to pipe diameters up to DN 1200 mm. Store at a maximum height of three meters to facilitate the placement and removal of pipes from the top layer. Pipes should not be exposed outdoors for a period exceeding 12 (twelve) months.

Si es necesario sobrepasar el período estipulado, se recomienda almacenar los tubos y accesorios en recintos techados y ventilados, o cubrirlos con lonas para brindar una protección más eficaz, evitando la incidencia directa de los rayos solares.

If storage extends beyond the aforementioned period, it is recommended to store pipes and fittings in covered, ventilated areas or cover them with tarpaulins for effective protection against direct sunlight.

Los tubos suministrados con cinchas metálicas deben almacenarse de modo que los pernos de apriete sobresalgan, para no sufrir abolladuras ni daños permanentes. No almacene las tuberías cerca de fuentes de calor y evite el contacto con agentes químicos agresivos, como solventes en general.

Pipes supplied with metallic bands must be stored so that the band tightening bolts protrude outward, preventing crushing and permanent damage. Do not store pipes near heat sources and avoid contact with aggressive chemical agents, such as general solvents.

8. Aspectos de Calidad

8. Quality Aspects

8.1. Normativa y Estándares de la Tubería KANAWEHOLITE

8.1. KANAWEHOLITE Pipe Regulatory Standards

El sistema de tuberías KANAWEHOLITE cumple con los más estrictos estándares internacionales de producto definidos por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el Comité Europeo de Normalización (CEN).

The KANAWEHOLITE piping system meets the most rigorous international product standards defined by the International Organization for Standardization (ISO) and the European Committee for Standardization (CEN).

Las características y requisitos de los productos KANAWEHOLITE se determinan de acuerdo con las siguientes normativas:

The characteristics and requirements of KANAWEHOLITE products are determined according to the following standards:

- **EN 13476** Partes 1 y 3;
EN 13476 Parts 1 and 3;
- **EN 681** Parte 1.
EN 681 Part 1.

8.2. Identificación del Producto

8.2. Product Identification

Los tubos KANAWEHOLITE se suministran con etiquetas que contienen la siguiente información:

KANAWEHOLITE pipes are supplied with labels containing the following information:

- Kanaflex / KANAWEHOLITE (nombre de la empresa y de la línea de producto);
Kanaflex / KANAWEHOLITE (company and product line name);
- Dimensión nominal (DN/DI);
Nominal dimension (DN/DI);
- Rigidez Anular (SN);
Ring Stiffness (SN);
- Material (PE);
Material (PE);
- Código de trazabilidad (lote).
Traceability code (batch).

8.3. Control de Calidad KANAWEHOLITE

8.3. KANAWEHOLITE Quality Control

Kanaflex mantiene un riguroso sistema de control de calidad para sus productos KANAWEHOLITE, asegurando desde el uso de materias primas adecuadas hasta el cumplimiento de los requisitos de control del proceso de fabricación y desempeño de sus tubos, conexiones y accesorios.

Kanaflex maintains a rigorous quality control system for its KANAWEHOLITE products, ensuring the use of suitable raw materials as well as compliance with manufacturing process control and performance requirements for its pipes, fittings, and accessories.

8.3.1. Control de la Materia Prima

8.3.1. Raw Material Control



Previo a la producción, las materias primas se evalúan mediante ensayos de Índice de Fluidéz y densidad para asegurar condiciones adecuadas de procesamiento y resistencia mecánica del producto. En la imagen adjunta se observa el Plastómetro (equipo para determinar el índice de fluidéz de las resinas de polietileno, de acuerdo con las normas ISO 1133 y NBR 9053).

Prior to production, raw materials are evaluated using Melt Flow Index (MFI) and density tests to ensure appropriate processing conditions and mechanical strength for the product. Pictured is the Plastometer (equipment used to determine the melt flow index of polyethylene resins, in accordance with ISO 1133 and NBR 9053 standards).

Figura 49 – Control de materia prima

Figure 49 – Raw material control

8.3.2. Control del Producto en el Proceso de Fabricación

8.3.2. In-Process Product Control

Durante el proceso de fabricación, se evalúan las características dimensionales y mecánicas de cada lote producido, para garantizar que el producto cumpla con el desempeño esperado para su aplicación final.

During the manufacturing process, the dimensional and mechanical characteristics of each produced batch are evaluated to ensure the product meets the expected performance for its final application.

8.3.3. Inspección Final

5.3.3. Final Inspection



Figura 50 – Inspeção final

Figure 50 – Final inspection

La inspección final en fábrica comprende la verificación del cumplimiento de los requisitos de cada producto, de acuerdo con sus códigos, descripciones y marcaje. Para cada lote de producto se emite un Certificado de Conformidad que contiene la descripción completa del producto, factura, normativa de referencia y el cumplimiento de los principales requisitos evaluados para dicho lote.

The final factory inspection comprises verifying compliance with the requirements of each product, in accordance with its codes, descriptive data, and markings. For each product batch, a Certificate of Conformity is issued, containing the complete product description, invoice number, standard reference, and compliance with the main requirements evaluated for that product batch.

9. Bibliografia

9. Bibliography

- **Norma ABNT NBR 6502** - Rocas y suelos.
- **Norma ABNT NBR 6459** - Suelo - Determinación del límite líquido.
- **Norma ABNT NBR 7180** - Suelo - Determinación del límite de plasticidad.
- **Norma ISO/TR 7073** - Recomendaciones técnicas para la instalación de tuberías y accesorios de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U) para drenaje y alcantarillado enterrado.
- **Norma ASTM D-2321** - Práctica estándar para la instalación subterránea de tuberías termoplásticas para alcantarillado y otras aplicaciones de flujo por gravedad (Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipe for Sewers and Other Gravity-Flow Applications).
- **Norma ATV-DVWK-A 127** - Cálculo estático de drenajes y alcantarillas.
- **Norma EN 681** - Sellos elastoméricos - Requisitos de materiales para sellos de juntas de tuberías utilizados en aplicaciones de agua y drenaje - Parte 1: Caucho vulcanizado.
- **Norma EN 1046** - Sistemas de tuberías y conductos de plástico - Sistemas en el exterior de estructuras de edificios para el transporte de agua o aguas residuales - Prácticas para la instalación superficial y enterrada.
- **Norma EN 1295-1** - Diseño estructural de tuberías enterradas bajo diversas condiciones de carga - Parte 1: Requisitos generales.
- **Norma EN 1610** - Construcción y ensayo de redes de drenaje y alcantarillado.
- **Norma EN 13476-2** - Sistemas de tuberías de plástico para drenaje y alcantarillado subterráneo sin presión - Sistemas de tuberías de pared estructurada de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE) - Parte 2: Especificaciones para tubos y accesorios con superficie interna y externa lisa y el sistema, Tipo A.
- **Norma EN/ISO 178** - Plásticos – Determinación de las propiedades de flexión.
- **Norma EN/ISO 9967** - Tubos termoplásticos – Determinación de la relación de fluencia (creep).
- **Norma ISO 1133** - Plásticos - Determinación del índice de fluidez en masa (MFR) y del índice de fluidez en volumen (MVR) de los termoplásticos.

- **Norma ISO 9969** - Tubos termoplásticos - Determinación de la rigidez anular.
- **Bueno, Benedito; Costa, Yuri.** *Ductos enterrados – aspectos geotécnicos*, Oficina de textos, SP, 2012.
- **Danieletto, José Roberto.** *Manual de Tuberías de Polietileno y Polipropileno – Características, Dimensionamiento e Instalación*, Linha Aberta Comunicações, 2014.
- **Marston, A.; Anderson, A.** *The theory of loads on pipes in ditches and tests of cement and clay tile and sewer pipe*. Bulletin 31, Iowa Engineering Experiment Station, 1913.
- **Spangler, M. G.** *The structural design of flexible pipe culverts*. Bulletin 112, Iowa Engineering Experiment Station, 1941.
- **Spangler, M. G.** *Theory of loads on negative projecting conduits*. Proceedings of HRB, 1950.
- **ABNT NBR 6502 Standard** - Rocks and soils.
- **ABNT NBR 6459 Standard** - Soil - Determination of liquid limit.
- **ABNT NBR 7180 Standard** - Soil - Determination of plasticity limit.
- **ISO/TR 7073 Standard** - Recommended techniques for the installation of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) pipes and fittings for underground drainage and sewerage.
- **ASTM D-2321 Standard** - Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipe for Sewers and Other Gravity-Flow Applications.
- **ATV-DVWK-A 127 Standard** - Static Calculation of Drains and Sewers.
- **EN 681 Standard** - Elastomeric seals - Materials requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications - Part 1: Vulcanized rubber.
- **EN 1046 Standard** - Plastics piping and ducting systems - Systems outside building structures for the conveyance of water or sewage - Practices for installation above and below ground.
- **EN 1295-1 Standard** - Structural design of buried pipelines under various conditions of loading - Part 1: General requirements.
- **EN 1610 Standard** - Construction and testing of drains and sewers.
- **EN 13476-2 Standard** - Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 2: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and external surface and the system, Type A.
- **EN/ISO 178 Standard** - Plastics – Determination of flexural properties.
- **EN/ISO 9967 Standard** - Thermoplastics pipes - Determination of creep ratio.
- **ISO 1133 Standard** - Plastics - Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics.
- **ISO 9969 Standard** - Thermoplastics pipes - Determination of ring stiffness.
- **Bueno, Benedito; Costa, Yuri.** *Buried pipelines - geotechnical aspects*, Oficina de textos, SP, 2012.
- **Danieletto, José Roberto.** *Manual of Polyethylene and Polypropylene Piping – Characteristics, Sizing and Installation*, Linha Aberta Comunicações, 2014.
- **Marston, A.; Anderson, A.** *The theory of loads on pipes in ditches and tests of cement and clay tile and sewer pipe*. Bulletin 31, Iowa Engineering Experiment Station, 1913.
- **Spangler, M. G.** *The structural design of flexible pipe culverts*. Bulletin 112, Iowa Engineering Experiment Station, 1941.
- **Spangler, M. G.** *Theory of loads on negative projecting conduits*. Proceedings of HRB, 1950.

Notas:

1. Kanaflex S.A. Indústria de Plásticos tiene como principio la mejora continua de los productos que fabrica. Se podrán realizar modificaciones en este manual técnico sin previo aviso, con el objetivo de perfeccionarlo.

Kanaflex S.A. Indústria de Plásticos operates on the principle of continuous improvement of its manufactured products. Occasional changes may be made to this technical manual without prior notice, aiming at its enhancement.

2. Este manual técnico tiene el propósito de colaborar con los usuarios de KANAWEHOLITE en la ejecución de sistemas de tuberías subterráneas enterradas. En caso de surgir dudas no contempladas en este manual, comuníquese con Kanaflex.

This technical manual is intended to assist KANAWEHOLITE users in the execution of underground buried piping systems. Should any doubts arise that are not addressed in this manual, please contact Kanaflex.

3. Kanaflex cuenta con y ofrece un servicio de asistencia técnica al inicio de la obra. Este servicio tiene como objetivo orientar a los instaladores sobre el procedimiento correcto para la instalación de los tubos y no debe considerarse como una fiscalización o supervisión. Nuestros técnicos no interfieren en los procedimientos de ingeniería y diseño, los cuales son responsabilidad exclusiva de los contratistas, proyectistas e instaladores.

Kanaflex offers and provides a technical assistance service at the start of construction works. This service aims to guide installers regarding proper pipe installation procedures and must not be considered an inspection or supervision. Our technicians do not interfere with engineering and design procedures, which remain the sole responsibility of the contractors, designers, and installers.

¿Dudas? *Doubts?*

Ponte en contacto
Get in touch

 +55 (11) 98689-3976

 www.kanaflex.com.br

 comex@kanaflex.com.br

Kanaflex[®]