

 Litoral Gas	LG / 050 / 98	Volumen:	1	N° página:	1 de 9
		Parte:	1800	N° revisión:	4
ESPECIFICACIONES					
COMPACTACIÓN DE SUELOS – GRADO DE COMPACTACIÓN					
Índice: 1. Objetivo 2 2. Alcance 2 3. Referencias 2 4. Definiciones 2 5. Procedimiento 2 5.1. Estudios Previos al inicio de la Obra 2 5.2. Elección de los equipos a emplear en la compactación 5 5.3. Grados de compactación a verificar en obra..... 6 5.4. Compactación 8 Adjuntos: - Anexo I – Perfil Edafológico (ejemplo) - Anexo II – Tipo de equipos que se pueden emplear en los diferentes suelos, espesores que pueden compactar y rendimientos esperados.					
Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación GTE	
25/10/1998	18/01/2011	30/08/2002	SAB – GJF	VLC	

 Litoral Gas ESPECIFICACIONES	LG / 050 / 98		Volumen: 1	N° página: 2 de 9	
		Parte: 1800	N° revisión: 4		
COMPACTACIÓN DE SUELOS – GRADO DE COMPACTACIÓN					
1. Objetivo Esta especificación describe las operaciones necesarias para realizar una compactación adecuada de los rellenos de suelo. 2. Alcance La compactación se aplica a los suelos con el fin de mejorar sus características de compresibilidad, relación esfuerzo-deformación y resistencia. Por lo tanto esta especificación es de aplicación para aquellas actividades que estén directamente ligadas con trabajos de sondeos, excavaciones y tapadas en general. 3. Referencias - Volumen IV – Procedimientos Internos – Sección 1255: Verificación de compactación de suelos – Utilización del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP). - Normas IRAM para: Determinación de humedad (10.519) – Ensayo granulométrico sobre tamices (10.507) - Determinación de Limite Líquido (10.513) – Determinación de Limite Plástico e Índice de Plasticidad (10.502) – Clasificación de Suelos SUCS (10.509). - Normas de ensayo de Vialidad Nacional: Tamizado por vía húmeda (VN-E1-65), Determinación de Limite Líquido (VN-E2-65), Determinación de Limite Plástico e Índice de Plasticidad (VN-E3-65), Clasificación de Suelos HRB (VN-E4-65), Compactación de Suelos (VN-E5-67). 4. Definiciones - <u>Zona de caño</u>: parte de la zanja ubicada a 10 cm debajo de la superficie inferior del caño (fondo de la zanja) y a 20 cm por encima de la superficie del caño. - <u>Zona de zanja</u>: parte de la misma ubicada por encima de la zona de caño y a 45 cm por debajo de la superficie terminada, o si la zanja se encuentra debajo de pavimento, a 45 cm por debajo de la rasante del mismo. - <u>Relleno final</u>: todo relleno ubicado dentro de los 45 cm de la superficie terminada, o si la zanja se encuentra debajo de pavimento, todo relleno dentro de los 45 cm desde la rasante del mismo. - <u>Índice de Penetración (DN)</u>: es el número que define la penetración del penetrómetro a través de una capa específica medida en milímetros por golpe. 5. Procedimiento 5.1. Estudios Previos al inicio de la Obra En la etapa de elaboración del proyecto constructivo de la obra, durante los estudios de campo de medición de resistividad y toma de muestra de suelo para medición de PH, y aprovechando la perforación realizada cada 250 metros, se deberán tomar muestras de cada uno de los estratos que se encuentren en la traza del gasoducto desde la ubicación final de la cañería hasta la superficie. A las muestras obtenidas se le realizarán los ensayos necesarios para clasificarlas por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, y por el sistema HRB para clasificación como material de uso vial. Con estas muestras se realizará el trazado de un perfil edafológico, representando en abscisas las progresivas y en ordenadas los diferentes suelos encontrados, utilizando una columna					
Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación GTE	
25/10/1998	18/01/2011	30/08/2002	SAB – GJF	VLC 	



COMPACTACIÓN DE SUELOS – GRADO DE COMPACTACIÓN

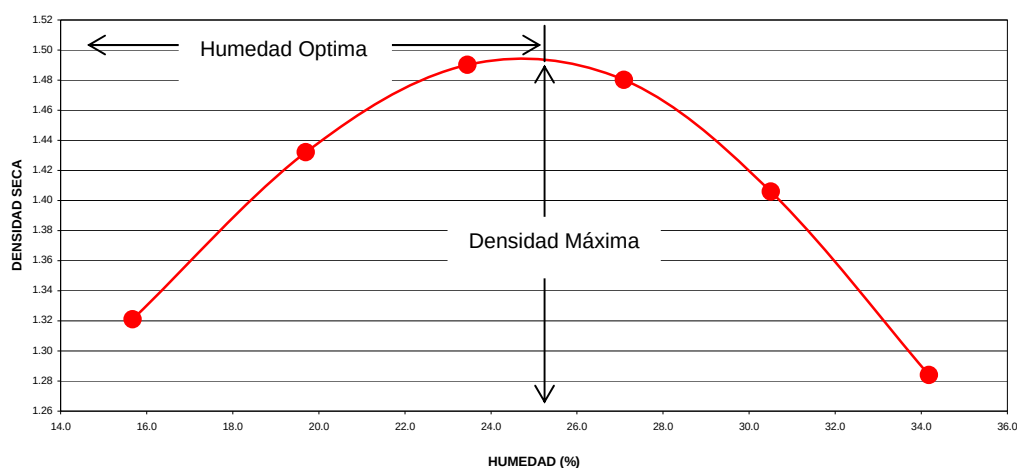
para cada sondeo y un rayado distinto para cada tipo de suelo. En un cuadro inferior se consignarán los valores característicos de cada tipo de suelo hallado en el correspondiente sondeo (ver ejemplo del [Anexo I](#)).

Del estudio del perfil edafológico, se determinarán cual o cuales son los suelos más representativos a encontrar en la ejecución de la obra y sus zonas de influencia. Esta selección la deberá realizar el ingeniero especialista que realice los ensayos, con la aprobación de la Inspección de Obra, y se basará en elegir un suelo presente por lo menos en el 85% (ochenta y cinco por ciento) de los sondeos realizados.

De los suelos representativos se realizará una toma de muestra del orden de cincuenta kilos, para ensayos en laboratorio. Sobre cada muestra se realizaran las siguientes operaciones:

- Realizar un Ensayo Proctor (Norma VN-E5-65) de acuerdo a la clasificación HRB, determinando la densidad máxima " $\gamma_{m\acute{a}x}$ " y la humedad óptima "hopt". En caso que la clasificación se haya realizado en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (IRAM), se deberá utilizar una tabla de conversión para lograr la Clasificación HRB.

Curva de densidad – humedad del ensayo Proctor



Clasificación de suelos HRB – Ensayo Proctor

Clasificación HRB	Ensayo de compactación	Clasificación HRB	Ensayo de compactación
A.1-a	V	A.2-7	II ó V
A.1-b	V	A.4	II ó V
A.3	II ó V	A.5	II ó V
A.2-4	II ó V	A.6	I ó IV
A.2-5	II ó V	A.7-5	I ó IV
A.2-6	II ó V	A.7-6	I ó IV

Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación GTE
25/10/1998	18/01/2011	30/08/2002	SAB – GJF	VLC



COMPACTACIÓN DE SUELOS – GRADO DE COMPACTACIÓN

Ensayo de compactación	Ø del Molde en mm	Altura del molde en mm	Peso del pisón en kg	Caída en cm	N° de capas	N° de golpes por capa	Ensayo Proctor	Energía kgcm/cm ³
I	101,6	116.6	2,5	30,5	3	25	T-99	6
II	101,6	116.6	4,53	45,7	5	25	T-180	27,4
III	101,6	116.6	2,5	30,5	3	35	T-99 Reforzado	7,82
IV	152,4	116.6	2,5	30,5	3	56	T-99	6,02
V	152,4	116.6	4,53	45,7	5	56	T-180	27,30

$$E = \frac{P \times H \times C \times G}{V}$$

Donde:

E: Energía

P: Peso del pisón

H: altura de caída

C: N° de Capas

G: N° de Golpes

V: Volumen del molde

- A continuación moldear cuatro probetas de acuerdo al detalle que se muestra en el cuadro; siguiendo el mismo procedimiento del punto anterior y con un molde grande de 17 cm de altura como mínimo.

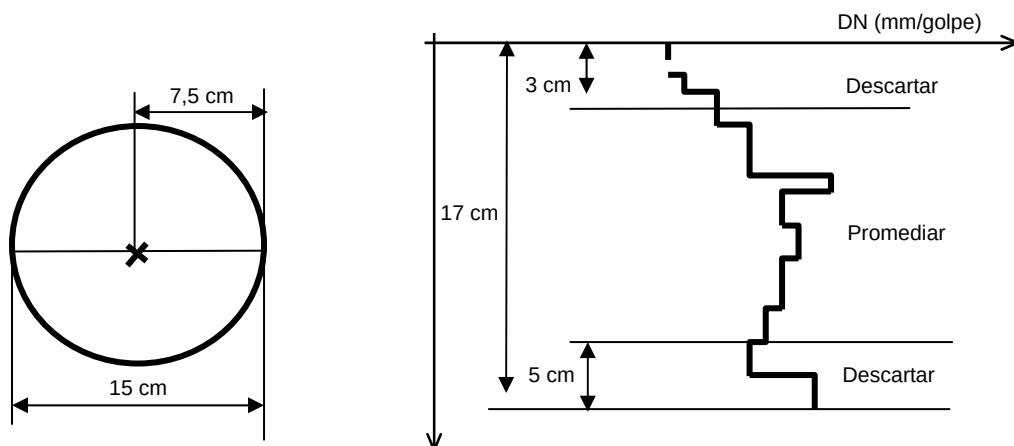
N° de Probeta	Grado de compactación expresado como % de la Densidad Seca Máxima	Humedad
1	100	Óptima
2	95	Óptima
3	90	Óptima
4	85	Óptima

- Sobre las cuatro probetas hacer en cada una un ensayo con el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP), descartando los tres centímetros superiores y los cinco centímetros inferiores del ensayo de penetración, con los valores restantes calcular su promedio y dispersión.

Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación GTE
25/10/1998	18/01/2011	30/08/2002	SAB – GJF	VLC 

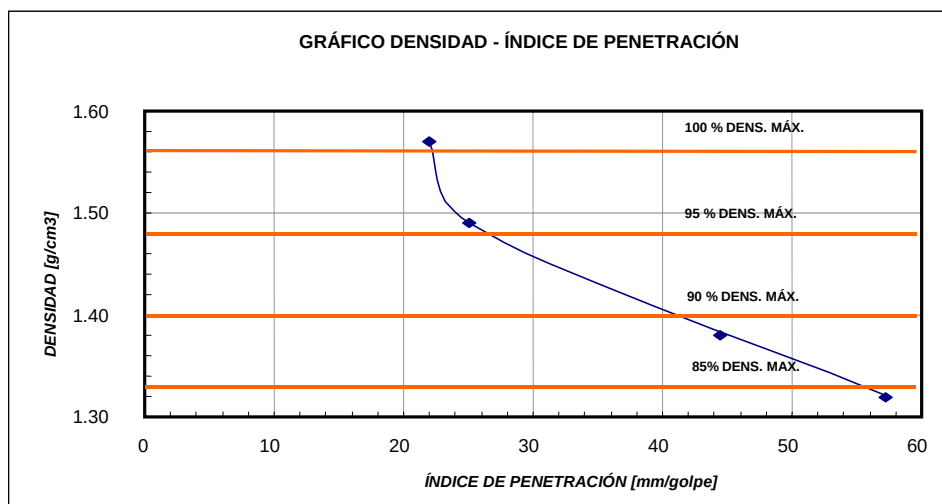


COMPACTACIÓN DE SUELOS – GRADO DE COMPACTACIÓN



- Adoptar el valor promedio calculado para cada probeta como índice de penetración teórico DNT(mm/golpe) para cada densidad. Posteriormente graficar una curva densidad – índice de penetración a partir de los cuatro puntos obtenidos (ver ejemplo siguiente). De esta curva se obtendrán los valores de referencia para los ensayos de campo durante la ejecución de la tapada y compactación de zanjas (ver [Sección 1255](#)).

EJEMPLO



- Los ensayos deberán realizarse en un laboratorio reconocido, aceptado por Litoral Gas. Una vez concluidos los trabajos, se presentará un informe técnico detallando en gráficos y tablas los resultados y las recomendaciones, el cual deberá estar firmado por un profesional Ingeniero Civil especializado en las tareas especificadas.

5.2. Elección de los equipos a emplear en la compactación

Para definir el equipo de compactación apropiado, se deberá tener definido si el suelo a compactar es granular o cohesivo.

Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación GTE
25/10/1998	18/01/2011	30/08/2002	SAB – GJF	VLC

 Litoral Gas ESPECIFICACIONES	LG / 050 / 98	Volumen:	1	N° página:	6 de 9
		Parte:	1800	N° revisión:	4
COMPACTACIÓN DE SUELOS – GRADO DE COMPACTACIÓN					
Los suelos granulares se compactan mejor y en forma más económica empleando vibración. La vibración o compactación dinámica, reduce la fricción entre las partículas individuales de suelo, permitiendo simultáneamente una redistribución de estas mismas partículas. Gracias a la vibración se logran reducir los volúmenes de poros (espacios vacíos) y las inclusiones de agua y aire son desplazadas hacia la superficie, obteniéndose una mayor compacidad (densidad seca) del material suelo. En espacios reducidos se logran óptimos resultados en la compactación de suelos granulares empleando planchas vibratorias. Para la compactación de grandes superficies con suelos granulares se utilizan en general rodillos vibratorios. En la compactación de los suelos cohesivos es necesario que el material sea amasado y, a la par, presionado o golpeado con energía. En los suelos cohesivos la acción de la fuerza de impacto reduce a un mínimo la adhesión entre partículas individuales (cohesión real), adicionalmente es reducida la fricción entre partículas. Las inclusiones de aire y/o agua son desplazadas hacia la superficie, de esta manera se obtiene una compactación mayor. Los equipos de uso más frecuente para la compactación de suelos cohesivos son los vibroapisonadores o los rodillos pata de cabra con o sin vibración. La efectividad de la compactación de un suelo está ligada directamente a la humedad del mismo, al tipo de equipo a utilizar y al número de pasadas. En función del tipo de equipo utilizado los métodos de compactación se clasifican en: - Mecánicos; empleando equipos livianos o pesados. La compactación producida en los suelos por los diferentes equipos, se ve influida directamente por el número de veces sucesivas que aquellos pasen por el material tendido. Para las primeras pasadas, el porcentaje de la compactación crece rápidamente, y decrece a medida que aumenta el número de pasadas. Los equipos livianos presentan mayor versatilidad, pudiendo trabajar en lugares más estrechos para el relleno de zanjas, pero el número de pasadas deberá ser considerablemente mayor que para equipos pesados para obtener el mismo valor de compactación. - Manuales: apropiado para trabajos donde se requiera un porcentaje de compactación no muy exigente. Requiere el empleo de pisonos de tamaños y pesos adecuados. Se lo utilizará en las proximidades del conducto, en las zonas donde se coloquen los cables para control de potencial o protección catódica. En el Anexo II se detalla a título orientativo tipos de equipos que se pueden emplear en los diferentes suelos, espesores que pueden compactar y rendimientos esperados. En el momento de efectuarse la compactación, el contenido de humedad del material de relleno será tal que el grado de compactación especificado pueda ser obtenido y el relleno resulte firme y resistente. El material de relleno que contenga exceso de humedad no será compactado, hasta que en el mismo se reduzca el porcentaje de humedad lo suficiente como para obtener el grado de compactación especificado. Un método sencillo para poder inferir si un suelo contiene la cantidad correcta de humedad para la compactación (humedad óptima), consiste en tomar un puñado de suelo y apretarlo adaptándose a la forma del puño, pudiéndose dar los siguientes tres casos: - Al abrir el puño el suelo moja la mano y queda adherido a la mano, el porcentaje de humedad estará excedido. - Al abrir la mano no queda formado un “muñequito” y el suelo se desgrana, el porcentaje de humedad se encuentra por debajo del óptimo. - Al abrir la mano queda perfectamente conformado un “muñequito”, sin mojar la mano, la humedad es la óptima. 5.3. Grados de compactación a verificar en obra					
Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación GTE	
25/10/1998	18/01/2011	30/08/2002	SAB – GJF	VLC 	



COMPACTACIÓN DE SUELOS – GRADO DE COMPACTACIÓN

- En zona de caminos y calles:

Los parámetros de referencia a tener en cuenta en la ejecución de los trabajos de tapada y compactación serán la densidad máxima “ $\gamma_{m\acute{a}x}$ ”, la humedad óptima “ h_{opt} ” y el índice de penetración teórico DNT (mm/golpe) definidos en los estudios previos. En función de la ubicación del suelo compactado en la tapada y del tipo de camino, se define el grado de compactación a alcanzar, el cual se expresa como porcentaje de la densidad máxima “ $\gamma_{m\acute{a}x}$ ”.

Tipo de terrenos superficial y equipo recomendados	Tipo de equipo y Grado de compactación requerido en función de la Profundidad		
	Relleno final	Zona de zanja	Zona de caño
Equipo recomendado	Mecánico pesado	Mecánico liviano	Manual
Pavimentos y mejorados	Se repondrá el paquete estructural existente en las mismas condiciones	95%	85%
Caminos Rurales	100%	95%	85%
Cunetas	Suelo vegetal superficial 90%	90%	85%

En zanjeos realizados en zona de caminos cobrará una gran importancia la terminación superficial del relleno final, el cual deberá adecuarse totalmente al gálibo preexistente del camino, no dejando oquedades ni elevaciones, que dificulten el normal escurrimiento del agua de lluvia. El relleno final deberá estar perfectamente sellado. Para su ejecución en caminos rurales se puede emplear un rodillo neumático o las duales de un camión cargado.

- En zonas rurales y terrenos privados:

El espíritu de la presente normativa es la de reponer al terreno atravesado por el tendido de una cañería de gas a su estado precedente, con la mínima alteración posible. En tal sentido para el control de la compactación se realizarán sobre estos terrenos en su estado natural y previo al zanjeo un ensayo con el DCP cada cien metros. De los valores obtenidos en la serie de ensayos, se descartarán los correspondientes a los primeros diez centímetros y se realizará un promedio con los índices de penetración correspondientes a los siguientes treinta centímetros, y otro promedio entre los cuarenta centímetros y el final del ensayo. Se calculará la desviación con respecto a estos promedios, definiendo así la tolerancia con la que se podrá realizar esta compactación.

Quedando así definidos los valores de comparación en la zona de zanja como el promedio de los índices de penetración DN(mm/golpe) entre los cuarenta y los setenta centímetros de profundidad, con su correspondiente tolerancia. Para el relleno final, el valor de comparación será el promedio de los índices de penetración DN(mm/golpe) entre los diez y los cuarenta centímetros de profundidad, con su correspondiente tolerancia.

Se pondrá especial cuidado durante la excavación de zanja, en el acopio separado de los suelos orgánicos superficiales, para su posterior reposición en la capa de relleno final.

Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación GTE
25/10/1998	18/01/2011	30/08/2002	SAB – GJF	VLC 

 Litoral Gas ESPECIFICACIONES	LG / 050 / 98	Volumen:	1	N° página:	8 de 9
		Parte:	1800	N° revisión:	4
COMPACTACIÓN DE SUELOS – GRADO DE COMPACTACIÓN					
5.4. Compactación En todos los casos; al iniciar las tareas de tapada y compactación se ajustará en campo el espesor de las capas en que se compactará el suelo, el mismo será función del tipo de equipo a emplear y del tipo de suelo. Como criterio general no se permitirá que el material de relleno a compactar exceda los 40 cm de espesor de suelo esponjado por capa. La operación será continua hasta la finalización del relleno. Los suelos no deberán contener ramas, troncos, materiales en proceso de descomposición (degradables), desechos industriales y/o domésticos. En lo posible se utilizará el suelo apto proveniente de la excavación, de no ser así, se rellenará con suelo seleccionado. El material no apto será dispuesto en forma conveniente por el contratista, sin que genere posteriores reclamos de terceros. Esta operación no dará lugar a pago adicional alguno. En el caso de terrenos afectados a explotaciones agropecuarias, se realizará la reposición de la capa de suelo vegetal que será de aproximadamente 40 centímetros, adaptándose al perfil del terreno original. Durante las tareas de relleno y compactado del suelo, Inspección de Obras de Litoral Gas verificará el Grado de Compactación del mismo con respecto a los ensayos realizados en laboratorio durante los estudios previos, en cada capa de compactación, empleando el Penetrómetro Dinámico de Cono (ver Sección 1255). - Compactación en zanjas: El material de relleno de la zona de caño será colocado y compactado de la manera tal de proveer asiento uniforme y soporte lateral a la cañería. La compactación deberá realizarse comenzando por los laterales para terminar compactando la parte central. Siempre se empleará compactación manual dentro de la zona de caño. El Contratista tomará las precauciones necesarias para evitar daños al revestimiento de los caños, uniones catódicas o al caño mismo durante las operaciones de instalación, relleno y compactación. Previo drenaje por completo de todo el excedente de agua de la zanja, se colocará el relleno en la zona de caño compactándolo manualmente, a continuación se procederá a rellenar la zona de zanja. Se deberán utilizar en esta segunda etapa, equipos livianos del tipo vibrocompactadores cuyas características permitan alcanzar el grado de compactación que se especifique en el espesor total de la capa. La compactación del relleno final se podrá realizar con equipos pesados siempre que la tapada sea mayor o igual a 50 cm (es decir la zona de zanja es mayor o igual a 30 cm) y el ancho de la zanja lo permita. Su terminación respetará perfectamente el gálibo preexistente, sellando adecuadamente la capa superficial en caminos rurales, con el empleo de rodillos neumáticos o las duales de un camión cargado. En zona de calzadas se repondrán los pavimentos respetando la composición del paquete estructural existente. - Compactación en pozos: En los pozos la compactación deberá realizarse en forma de espiral comenzando por el perímetro del pozo y terminando en la parte central del mismo. La primera capa de relleno en correspondencia con las cañerías, de 20 cm de espesor, será compactada manualmente. Las restantes capas hasta alcanzar la subrasante, serán compactadas utilizando equipos livianos. La compactación de relleno final se podrá realizar con equipos pesados siempre que la tapada sea mayor o igual a 50 cm. En caso de que el pozo se localice en calzada, la reposición de pavimento se realizará respetando la composición del paquete estructural de la parte existente. - Compactación en calzadas:					
Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación GTE	
25/10/1998	18/01/2011	30/08/2002	SAB – GJF	VLC 	

 Litoral Gas ESPECIFICACIONES	LG / 050 / 98		Volumen:	1	N° página:	9 de 9
			Parte:	1800	N° revisión:	4
COMPACTACIÓN DE SUELOS – GRADO DE COMPACTACIÓN						
En caso de realización de obras de infraestructura vial sobre cañerías instaladas (debidas a modificaciones de la cota de rasante o cortes de pavimento en los cuales se exija la reposición completa de la calzada o de un carril) no se permitirán trabajos de excavación, escarificado, homogeneizado y compactación si la tapada actual o definitiva es menor a 50 cm. Cuando la tapada sea superior a 50 cm y los suelos sean cohesivos (arcilloso, limo-arcilloso) se podrán utilizar equipos pesados: - Rodillo pata de cabra con una presión mínima de 20 o 30 kg/cm², según sean sin lastrar o lastrados respectivamente. - Rodillo liso con cargas inferiores a 100 kg/cm² para el acabado final. Para suelos friccionantes (arenas o gravas gruesas) se utilizarán equipos vibratorios, desde vibrocompactadores neumáticos hasta plataformas vibratorias para grandes extensiones de suelo. También se podrá compactar con rodillos neumáticos, por encima de la tapada mencionada y cuando los suelos, además de ser arenosos contengan finos pocos plásticos. En ningún caso se admite la compactación de capas de arena mediante la acción hidráulica del vertido de agua. El paquete estructural de pavimento deberá poseer las mismas características que el existente, en su composición y densidades.						
Fecha emisión original	Fecha actualización	Fecha emisión anterior	Preparado por	Aprobación GTE		
25/10/1998	18/01/2011	30/08/2002	SAB – GJF	VLC 		