INFORMACION GENERAL CLIENTE			
Servicio:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE MATERIAL POLIMERICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (NTC 5770)	Fecha:	2017/10/10
Nombre de la empresa (persona): ***SOLOFIBRAS S.A.S.***		Dirección: ***Calle 59BB # 69 – 231 Int. 117 BELLO - COLOMBIA***	
NIT:	21526110-7		
Municipio y/o departamento: Bello (Antioquia)		Teléfono: (4) 4081071 - 3206083922	
Nombre del Representante: ***NANCY OSORIO***		Correo electrónico: pozosepticos@hotmail.com	
Nombre del responsable de la evaluación: ***Ing. JHON FREDY CARDONA OSPINA***			

INFORMACION TECNICA DEL MATERIAL ESTRUCTURAL

Tipo de material: Polimérico ☒ Fibrocemento ☐ Otro ☐ Cual: _____

Especificaciones:
Resina poliéster Ortoftalica
% Solidos (%N.V.): 58 – 62 %
Dureza: 46 Bar (Medición estándar BARCOL)
Refuerzo: Fibra de vidrio PVC MAT 450
Con refuerzo de pintura en PVC por aspersión.
Temperatura de Trabajo: < 60°C

Proceso de fabricación:
Moldeo por contacto manual (Hand Lay – Up)
Espesor de lámina final: 3,5 mm (NTC 2890)

Producto (s) Fabricados:

Sistema de tratamiento de agua residual referencia "MODELO INTEGRADO EN FORMA CILINDRICA HORIZONTAL – TANQUE SEPTICO MAS FAFA FIBRA DE VIDRIO" (Ver ***Anexo 1. Ficha técnica PS Horizontal 2000 L***).

Sistema de tratamiento de agua residual referencia "MODELO INTEGRADO EN FORMA CILINDRICA VERTICAL – TANQUE SEPTICO MAS FAFA CON TRAMPA GRASAS INTERNA, EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO" (Ver ***Anexo 2. Ficha técnica PS Vertical 2000 L***)

Uso a aplicación final del producto:
Construcción de sistemas de tratamiento de agua residual sometidos a condiciones de procesos biológicos, almacenamiento de lodos, generación de gases de procesos de degradación y cambios de pH´s en los procesos de tratamiento.

DESARROLLO DEL INFORME

1. REFERENCIA NORMATIVA

Para el análisis y cálculos estructurales de los pozos fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio, se definen las variables de acuerdo al numeral 5.2.1. De la Norma Técnica Colombiana NTC 5770 SISTEMAS DE SANEAMIENTO BÁSICO. TANQUES SÉPTICOS PREFABRICADOS CON MATERIALES PLÁSTICOS.

Con el fin de evaluar las condiciones estructurales de los sistemas en mención (pozos sépticos Horizontal y Vertical de 2000 L) es necesario evaluar los siguientes aspectos definidos en la Norma Técnica Aplicable (NTC 5770):

1.1 ANALISIS DE CARGAS HIDROSTATICAS: Se evalúan las características estructurales de los recipientes, además de evaluar la pérdida de material polimérico empleado. Como se puede observar en la tabla 1. Donde se reporta el diseño de experimentos para evaluar las características estructurales. En la tabla 1 se detalla la identificación y descripción de la muestras, se realizaron de acuerdo a la norma ASTM D3039/D3039M08. Las dimensión es de las probetas son reflejadas en la tabla 2 y se realizan las pruebas por duplicado para evaluar la reproducibilidad de las mediciones.

Tabla 1. Diseño de experimentos para evaluar la perdida de material
(Resistencia a medios corrosivos)

Identificación de la(s) muestra(s).	Identificación de la(s) muestra(s).
AD1	Agua destilada
AD2	
PH1	Peróxido de hidrógeno (Agua Oxigenada) - H2O2
PH2	
CS1	Solución de Cloruro de sodio – (Sal) NaCl (10%
CS2	
HS1	Solución de Hidróxido de sodio (soda caustica)-NaOH (10%)
HS2	
D1	Detergente (10%)
D2	
AC1	Ácido Clorhídrico (ácido muriático) HCl 10 %
AC2	
X1	Hipoclorito de sodio (Blanqueador) 4%
X2	
Blanco 1	Sin liquido de inmersión
Blanco 2	

Los ensayos fueron realizados a las siguientes condiciones:

- Temperatura media del laboratorio: 24 – 26 °C
- % Humedad relativa: 52 – 68 %
- Tiempo de inmersión de probetas: 24 horas
- Volumen de agente solubilizante: 100 ml
- Equipo de medición: Pie de Rey (STARRET) Rango 0-350 (Kgf) y Apreciación 0,02 (Kgf)

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la medición de los parámetros de interés:

Tabla 2. Resultados de las pruebas de inmersión y afectación del material

Prueba de Inmersión desgate de pieza	ANTES DE A INMERSION EN LIQUIDOS					DESPUES DE LA INMERSION				DIFERENCIA (perdida de Longitud)			
	Probeta	Cabezote mm	Largo mm	Centro mm	Espesor mm	Cabezote mm	Largo mm	Centro mm	Espesor mm	Cabezote mm	Largo mm	Centro mm	Espesor mm
Agua destilada	AD1	20,06	166,00	14,73	5,93	20,08	165,95	14,72	5,93	-0,02	0,05	0,01	0,00
	AD2	20,88	168,70	13,56	5,52	20,90	168,70	13,55	5,52	-0,02	0,00	0,01	0,00
Peróxido de hidrógeno (Agua Oxigenada) - H2O2	PH1	20,58	168,35	13,98	4,86	20,55	168,31	13,96	4,84	0,03	0,04	0,02	0,02
	PH2	19,57	164,45	12,88	6,47	19,55	164,40	12,85	6,45	0,02	0,05	0,03	0,02
Solución de Cloruro de sodio – (Sal) NaCl (10%	CS1	20,74	165,40	13,47	5,70	20,75	165,40	13,46	5,71	-0,01	0,00	0,01	-0,01
	CS2	20,31	167,90	13,23	5,65	20,30	167,90	13,23	5,65	0,01	0,00	0,00	0,00
Solución de Hidróxido de sodio (soda caustica)- NaOH (10%)	HS1	21,48	166,80	14,22	4,79	21,45	166,75	14,19	4,75	0,03	0,05	0,03	0,04
	HS2	20,13	168,85	13,95	5,78	20,11	168,81	13,92	5,74	0,02	0,04	0,03	0,04
Detergente (10%)	D1	19,96	167,90	14,29	5,66	19,97	167,90	14,28	5,65	-0,01	0,00	0,01	0,01
	D2	21,22	168,45	13,66	5,41	21,23	168,44	13,66	5,41	-0,01	0,01	0,00	0,00
Ácido Clorhídrico (ácido muriático) HCl 10 %	AC1	21,24	168,00	13,84	5,67	21,20	167,96	13,82	5,64	0,04	0,04	0,02	0,03
	AC2	19,93	166,80	13,50	6,89	19,90	166,77	13,48	6,86	0,03	0,03	0,02	0,03
Sin liquido de inmersión	Blanco 1	20,67	168,40	13,65	5,90	20,67	168,41	13,66	5,90	0,00	-0,01	-0,01	0,00
	Blanco 2	20,72	165,95	14,37	5,04	20,72	165,94	14,36	5,03	0,00	0,01	0,01	0,01
Hipoclorito de sodio (Blanqueador) 4%	X1	20,30	168,15	14,16	6,11	20,30	168,14	14,16	6,11	0,00	0,01	0,00	0,00
	X2	21,12	166,70	14,44	6,54	21,09	166,68	14,41	6,51	0,03	0,02	0,03	0,03

Como se puede observar en la tabla 2. Los resultados reflejan que los cambios en la longitud del material en todos sus puntos críticos no varían de forma considerable y que las diferencias en las mediciones en los puntos de control pueden estar inmersas en las incertidumbres de medición del método, por lo cual se puede concluir que es ***PROBABLE*** que el material de construcción no presente perdida, ni deformación en su estructura y que ***CUMPLE*** con los criterios definidos por la norma NTC 5770.

Adicional a ello se cuenta con un recubrimiento de pintura en PVC resistente a la luz ultravioleta dando cumplimiento al numeral 5.5. Durabilidad y Tiempo de vida útil.

1.2 CÁLCULOS ESTRUCTURALES:

Para el análisis y cálculos estructurales de los pozos fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio, se definen las variables de acuerdo al numeral 5.2.1. de la Norma Técnica Colombiana NTC 5770 SISTEMAS DE SANEAMIENTO BÁSICO. TANQUES SÉPTICOS PREFABRICADOS CON MATERIALES PLÁSTICOS.

Se define el análisis estructural en tres aspectos :

a. Cargas debidas al terreno
b. Cargas Hidrostáticas
c. Cargas debida a los peatones

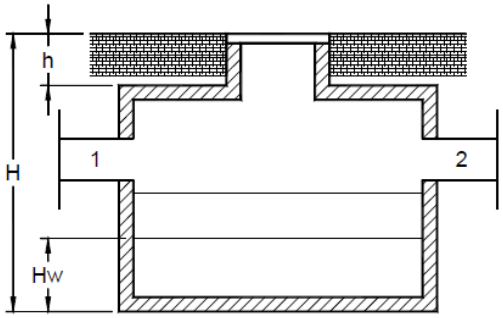


Imagen 1. Diagrama de Tanque séptico pruebas estructurales

Donde:

H = Altura total del tanque séptico
H_w = Altura del nivel de agua exterior del suelo
h = Altura de relleno desde la parte superior del depósito hasta el nivel del terreno
K = Coeficiente de presión horizontal del suelo
1 = Entrada
2 = salida

- **Análisis de cargas debido al terreno**:

Se revisan las dos componentes, tanto la vertical como la horizontal. Teniendo en cuenta los valores propios del modelo.

Componente vertical: h x 18 (KN/m^2); donde este último es el peso específico del terreno.

Componente Horizontal: K X D X 18 (KN/m^2); Siendo D la distancia del suelo hasta el punto donde se aplica la carga.

K = 0,33 (relleno de arena)

K = 0,27 (Relleno de grava)

Luego para el cálculo de ambos modelos de pozos sépticos (**ver Anexos 1 y 2**) tenemos que:

h = 0,2 m

D = 1,4 m (considerando un triángulo de carga, donde la parte inferior genera el mayor empuje debido a su profundidad)

K = Se analizan las diferentes combinaciones de carga

El cálculo de los componentes vertical y horizontal aplican para los dos modelos evaluados, entonces se tiene que:

a. Componente Vertical
Carga Vertical = 0,2m * 18 kN/m^3= 3,6 kN/m^2

b. Componente Horizontal
Carga Horizontal (Arena) = 0,33 * 1,4 m * 18 kN/m^3= 8,31 kN/m^2
Carga Horizontal (Grava) = 0,27 * 1,4 m * 18 kN/m3= 6,804 kN/m2
Carga Horizontal (Otros materiales) = 0,5 * 1,4 m * 18 kN/m^3= 12,6 kN/m^2

- **Análisis de cargas hidrostáticas**:

El diseño del modelo considera una estabilidad mecánica y estructural que le permite soportar la carga hidrostática del tanque sin condiciones especiales de enterramiento:

H_W x 10 (KN/m^2); donde el valor final es la acción resultante del peso específico del agua

Luego tenemos que la carga hidrostática en cada recipiente es:

a. Para el Pozo séptico Horizontal (Ver Anexo 1), se toma la máxima altura con una columna de agua del 100% de la altura del tanque.

$C_{Hidostatica}$ (PS Horizontal) = H_W X 10 KN/m^2 = 1,4 m x 10 KN/m^2 = 14 KN/m^2

b. Para el Pozo séptico Vertical (Ver Anexo 2), se toma la máxima altura con una columna de agua del 100% de la altura del tanque.

$C_{Hidostatica}$ (PS Vertical) = H_W X 10 KN/m^2 = 1,4 m x 10 KN/m^2 = 14 KN/m^2

- **Análisis de cargas debido a peatones:**

Los diseños de ambos modelos (PS Horizontal 2000 L y PS Vertical 2000 L) consideran una estabilidad mecánica y estructural que le permite soportar la carga debido a peatones sobre los tanques sépticos.

Cuando la altura del relleno sea inferior a 1,0 m se debe considerar un valor de 2,5 KN/m^2 para más de 1,0 m se asume que la carga debida a peatones es despreciable con respecto a otros esfuerzos de cargas.

Luego, tenemos que el máximo esfuerzo por carga de peatones para ambos sistema (Vertical y horizontal está dado por:

$$C_{peatones} = 2{,}5\ kN/m^2$$

- **Ensayos mecánicos a las paredes de la estructura:**

De acuerdo a los requerimientos de diseños basados en la norma NTC 5770 SISTEMAS DE SANEAMIENTO BÁSICO. TANQUES SÉPTICOS PREFABRICADOS CON MATERIALES PLÁSTICOS, se procede a validar por medio de ensayos de laboratorio las probetas del laminado de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Para determinar la caracterización del material y paralelamente definir la resistencia química de los agentes a los que puede estar expuesto de acuerdo a la norma NTC 1027 DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE PRODUCTOS QUÍMICOS LÍQUIDOS, INCLUYENDO EL AGUA EN LOS MATERIALES PLÁSTICOS se validan las propiedades mecánicas y su impacto antes y después de ataque químico para garantizar la estabilidad de la estructura en funcionamiento por medio de Ensayos a tracción.

El valor mínimo de los ensayos realizados fue de 322,48 N (Ver informe ***Anexo 3*** Pruebas de tracción)

Considerando las medidas de la probeta fallada (Ancho: 5,66 mm x Largo: 166,4 mm), calculamos el área promedio de la probeta fallada, así:

$A_{probeta}$ = 5,66 mm x 166,4 mm = 942,656 mm^2 = 0,000942656 m^2

De acuerdo a lo anterior tenemos que la carga máxima debida a la resistencia mínima del material estará dada por:

0,3225 kN/ 0,000942656 m^2= **342,12 kN/m^2**

- **Validación de requerimientos vs material:**

Para ambos sistemas (PS Vertical y PS Horizontal) evaluamos los requerimientos de la NTC 5770, en la tabla 3 como se describe a continuación:

Tabla 3. Evaluación de las cargas máximas del material vs NTC 5770

			Requerimiento	Concepto
Cargas debido al terreno	**Componente Vertical**		3,6 kN/m2	Cumple
	Componente horizontal	**Arena**	8,31 kN/m 2	Cumple
		Grava	6,8 kN/m2	Cumple
		Otros Materiales	12,6 kN/m2	Cumple
Cargas hidrostáticas			12 kN/m2	Cumple
Cargas debido a peatones			2,5 kN/m2	Cumple

1.3. CONCLUSIÓN (PRUEBAS ESTRUCTURALES)

La estructura de poliéster reforzado con fibra de vidrio de los sistemas de SOLOFIBRAS (PS VERTICAL Y PS HORIZONTAL) ***CUMPLE*** con los requisitos del numeral 5.2.1. de la norma NTC 5770 SISTEMAS DE SANEAMIENTO BÁSICO. TANQUES SÉPTICOS PREFABRICADOS CON MATERIALES PLÁSTICOS

2. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS A FLEXIÓN DE LAMINADO DE SOLOFIBRAS

Determinar las propiedades mecánicas a flexión de un laminado entregado por el cliente SOLOFIBRAS según la norma ASTM D790. SOLOFIBRAS es atendido por el distribuidor Quimiresinas.

2.3. Metodología

Se evalúa una muestra de laminado de Resina Polimérica (CRISTALAN® 809) preparada y reforzada con MAT 450 (Refuerzo de fibra de vidrio) 5 capas y una adición de Peróxido 1,2%. Para evaluar las propiedades mecánicas del material se obtienen 7 probetas del material de dimensiones 12 x 150mm a partir de un laminado entregado por el cliente. Para la evaluación se utiliza una máquina INSTRON modelo de bastidor 3382 con número de certificado 0548 del 23 noviembre de 2016 emitido por el laboratorio de la Universidad EAFIT, con calibración vigente hasta noviembre de 2017. La evaluación de las propiedades mecánicas a flexión se realiza a 3 puntos según la norma ASTM D790. Las condiciones de la prueba fueron 23 +/- 2ºC y 50 +/- 5% de humedad relativa.

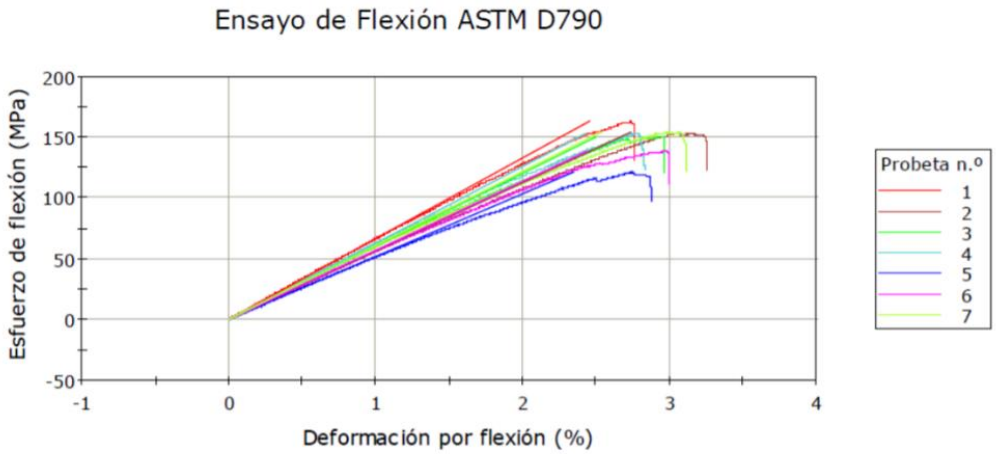


Imagen 2. Ensayos mecánicos muestras SOLOFIBRAS material de construcción Pozos sépticos

Los resultados obtenidos de las pruebas mecánicas de flexión realizadas a las probetas son:

Tabla 4. Resultados de pruebas de flexión material de construcción pozos sépticos SOLOFIBRAS

	Módulo (Automático de Young) (GPa)	Deformación por flexión a máxima carga (%)	Carga máxima de flexión (N)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)
1	6,60	2,747	434,77	162,83766
X 2	5,60	3,075	494,43	153,53680
3	6,01	2,949	511,90	150,60945
4	6,30	2,792	512,24	153,34648
5	5,13	2,753	432,51	121,07230
6	5,66	2,979	491,81	138,38649
7	6,05	2,998	464,26	153,92906
Desviación estándar	0,51256	0,11807	36,24601	14,81915
Media	5,96	2,870	474,58	146,69691

Tabla 5. Resultados de pruebas de deformación y rotura de material

	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Deformación por flexión a la rotura (%)	Carga de flexión a la rotura (N)	Esfuerzo de flexión a la rotura (MPa)
1	12,250	5,790	2,766	427,79	160,22
X 2	12,680	6,250	3,263	451,49	140,20
3	12,450	6,480	2,975	499,61	146,99
4	12,350	6,450	2,840	420,08	125,76
5	11,710	6,850	2,881	392,09	109,76
6	12,780	6,540	3,003	411,02	115,65
7	10,980	6,500	3,116	438,13	145,26
Desviación estándar	0,64426	0,34807	0,12598	36,87875	19,87730
Media	12,087	6,435	2,930	431,45	133,94

Teniendo en cuenta los datos anteriores para el cálculos de los coeficientes de fluencia del material de construcción de los pozos sépticos de la empresa SOLOFIBRAS se tendrá como el valor medio del módulo de Young o Modulo de flexión inicial, así:

$$E_{f,i} = 5{,}96\ GPa \quad (1)$$

Para la realización y cálculo del $E_{f,\ envej}$ se tiene en cuenta el protocolo descrito en la NTC 5770 y se realizan tres pruebas con el material determinando la tracción del mismo y posteriormente calculando el módulo E_f de envejecimiento, con la siguiente información:

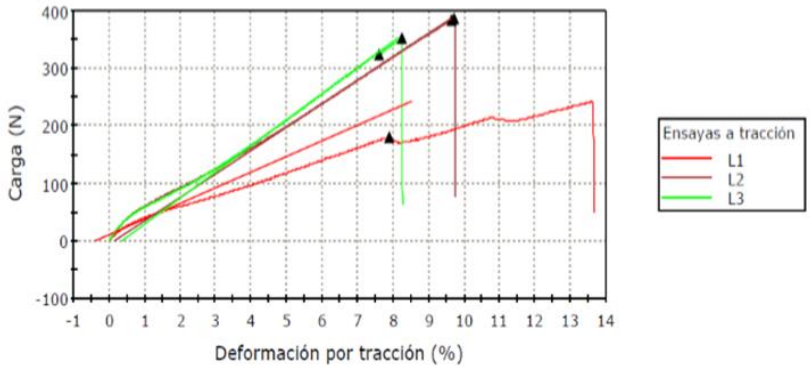


Imagen 3. Determinación de las propiedades mecánicas del material de construcción Pozos sépticos SOLOFIBRAS.

El resultado presenta un módulo de Young después de sometido a la prueba de envejecimiento basados en el Anexo B, numeral B.3. Procedimiento B. Luego se miden las propiedades mecánicas del material, dando como resultado un:

$$E_{f,envejecimiento} = 2{,}42\ GPa \quad (2)$$

Con lo cual se calcula el coeficiente de fluencia β, así:

$$\beta = \frac{E_{f,envejecimiento}}{E_{f,i}} = 0{,}40 \quad (3)$$

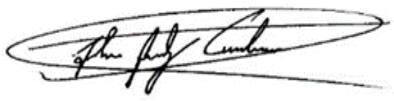
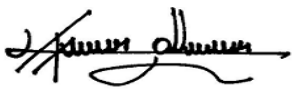
Para el cálculo del coeficiente α se tiene en cuenta la norma ISO 899-2 y las condiciones de los módulos de elasticidad del material y las condiciones de rotura o falla del material. Tenemos que el valor de E_t estará dado por las condiciones más rigurosas en las cuales el material haya sido sometido a esfuerzos y condiciones de operación de máxima afectación, por lo cual tenemos que según los resultados de las pruebas mecánicas realizadas al material un máximo cambio en el módulo de flexión a largo plazo del material es equivalente al 15% del material por lo cual tenemos que el E_t promedio es equivalente a 5,06 GPa, por lo cual, tenemos que:

$$\alpha = \frac{E_t}{E_{f,i}} = 0{,}84 \quad (4)$$

3. CONCLUSION (evaluación de propiedades mecánicas)

Según los análisis realizados y el presente estudio se puede concluir en términos generales que el producto (RESINA POLIESTER CRISTALAN® 809 con refuerzo de fibra de vidrio MAT 450 y pintura en PVC) ***CUMPLE*** con los criterios de calidad definidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 5770 para la fabricación y producción de pozos Sépticos según las especificaciones técnicas de los Anexos 1 y 2 respectivamente, dado que se cumplen los criterios establecidos en las pruebas de tracción (Ver Anexo 3.), los resultados obtenidos de las pruebas de durabilidad y resistencia del material a la corrosión y las pruebas de resistencia mecánica establecidas en el Anexo B de la Norma Técnica NTC 5770 para sistemas fabricados en PRFV donde se cumple según el presente estudio en que los coeficientes de fluencia son ≥ 0,3.

La presente información es válida para las muestras analizadas y estudiadas que se describen en el numeral 2.1. del presente informe para la empresa SOLOFIBRAS y sus productos Pozos sépticos Horizontal y Vertical de 200 L.

RESPONSABLE DEL SERVICIO:	**RESPONSABLE DE VERIFICACIÓN:**
	
IQ. Jhon Fredy Cardona Ospina Director Técnico Registro profesional: 11424	IQ. Faber Andrés Gallego Figueroa Coordinador de Calidad Registro Profesional: 11419