Informe de **Ensayos**

FBL-IE-A194-2021

CLIENTE	**FIBRAS ÓPTICAS DE MÉXICO S.A DE C.V.** Adolf Horn, 1737-B, San Pedro Tlaquepaque, Jalisco. C.P.45610	CH0311/2017

ELEMENTO BAJO PRUEBA: CABLE DE PLANTA EXTERNA / INTERNA

MARCA	DESCRIPCIÓN	MODELO	LOTE
WAVEOPTICS	**Cable MDU FTTX 3 mm**	**FOSPC-001-N-MDUFRTPU-3MM**	**2020**

EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

CONFORME	■	PARCIALMENTE CONFORME	☐	NO CONFORME	☐

LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD SE REALIZÓ CONTRA ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO SOLICITADAS POR TOTAL PLAY.

ENSAYOS REALIZADOS BAJO LAS NORMAS:

IEC 61300-3-4	Fibre optic interconnecting devices and passive components – Part 3-4: Examinations and measurements – Attenuation.
IEC-60794-1-21	Optical fibre cables - Part 1-21: Generic specification - Basic optical cable test procedures - Mechanical tests methods. Ed. 1.0

A. *ENSAYOS MECÁNICOS*

MÉTODO	PRUEBA	EVALUACIÓN
IEC-60794-1-21-E1	Resistencia a la tensión	**CONFORME**
IEC-60794-1-21-E3	Resistencia a la compresión	**CONFORME**
IEC-60794-1-21-E4	Resistencia al impacto	**CONFORME**
IEC-60794-1-21-E6	Resistencia a los dobleces repetidos	**CONFORME**
IEC-60794-1-21-E7	Resistencia a la torsión	**CONFORME**

Informe de **Ensayos**

FBL-IE-A194-2021

LUGAR DE ENSAYOS	**FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.** **LABORATORIO DE ENSAYOS** Parque Tecnológico Innovación Querétaro Carretera Estatal 431, km 2+200, Interior 28 El Marqués, Qro. C.P. 76246

El resultado de los ensayos realizados aplica únicamente al elemento identificado.

Fecha de recepción de muestra: 26 de Octubre de 2020
Fecha de ensayos: 04 de Diciembre de 2020 a 12 de Enero de 2021
Fecha de emisión: 25 de Mayo de 2021

AUTORIZÓ
Dr. JUAN CARLOS BERMÚDEZ

REALIZÓ ENSAYOS
ING. JESSICA SÁNCHEZ

Los resultados reportados en este informe son derivados de las muestras proporcionadas por **FIBRAS ÓPTICAS DE MÉXICO S.A DE C.V.**, así como los datos utilizados para las especificaciones del ensayo expresadas en la hoja técnica **WAVEOPTICS "CABLE DE PLANTA EXTERNA / INTERNA, Cable MDU FTTX 3 mm FOSPC-001-N-MDUFRTPU-3MM", Folio: SSA-010-03, 7/21/2020.**

MUESTRA

La muestra constó de 2 cables de 350 m con la descripción de la tabla 1.

MUESTRA	
Marca	WAVEOPTICS
Modelo	FOSPC-001-N-MDUFRTPU-3MM
Tipo de cable	Cable MDU FTTX 3 mm
Longitud	350 m
Número de Fibras	1
Tipo de fibra	Monomodo 9/125 µm
	ITU-T G.657 B3
Hoja de especificaciones	WAVEOPTICS "CABLE DE PLANTA EXTERNA / INTERNA, Cable MDU FTTX 3 mm FOSPC-001-N-MDUFRTPU-3MM", Folio: SSA-010-03, 7/21/2020

Tabla 1. Identificación del cable bajo ensayo

A. ENSAYOS MECÁNICOS

1. ENSAYOS

Las muestras de cable fueron sometidas los métodos de ensayo de la tabla 2. Estos ensayos cumplen con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional *"IEC 60794-1-21 optical fibre cables – Generic specifications -basic optical cable test procedures"*

MÉTODO	PRUEBA
IEC-60794-1-21-E1	Resistencia a la tensión
IEC-60794-1-21-E3	Resistencia a la compresión
IEC-60794-1-21-E4	Resistencia al impacto

IEC-60794-1-21-E6	Resistencia a los dobleces repetidos
IEC-60794-1-21-E7	Resistencia a la torsión

Tabla 2. Métodos de ensayo aplicados al cable bajo prueba descrito en la tabla 1.

2. ALCANCE Y OBJETIVOS DE LA NORMA

Esta parte de la norma internacional IEC 60794-1-21 aplica para cables de fibra óptica empleados en telecomunicaciones, [1].

El objetivo de esta norma es definir los procedimientos de ensayo que se utilizarán para establecer los requisitos uniformes de las propiedades geométricas, de transmisión, materiales, mecánicas, de envejecimiento y climáticas de los cables de fibra óptica, [1].

El conjunto de ensayos agrupados en la norma internacional IEC 60794-1-21 tiene como finalidad la evaluación del comportamiento del cable en su conjunto bajo condiciones que suelen presentarse durante la manipulación, instalación y operación del cable.

3. MÉTODO E1 – TENSIÓN (TENSILE PERFORMANCE)

Este método de ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación y elongación de un cable de fibra óptica sometido a una tensión longitudinal. Esta tensión es similar a la soportada por el cable durante el proceso de instalación.

Método E1A: Procedimiento para determinar el cambio de atenuación bajo tensión

Método E1B: Procedimiento para determinar la elongación bajo tensión

Los ensayos en su conjunto nos dan información sobre la fuerza máxima a la que puede ser jalado el cable durante su instalación, así como su margen de carga.

3.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de ensayo consiste de una máquina de tensión longitudinal para fibra óptica con especificaciones de acuerdo a la norma internacional norma IEC 60794-1-21 método E1: Tensile performance. La configuración del sistema de ensayo se muestra en la figura 1.

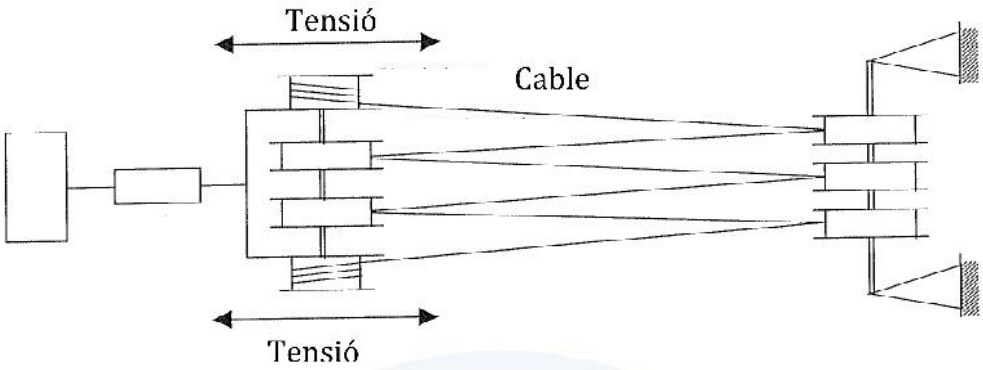

Figura 1: Diagrama esquemático del ensayo de tensión. Fuente IEC 60794-1-21-E1

El sistema cuenta con un motor de tracción y una celda de carga para una tensión controlada. Igualmente cuenta con dos sistemas especializados de medición de alta exactitud.

a. Un sistema de medición de cambio de atenuación en la fibra óptica
b. Un sistema de medición de elongación del cable

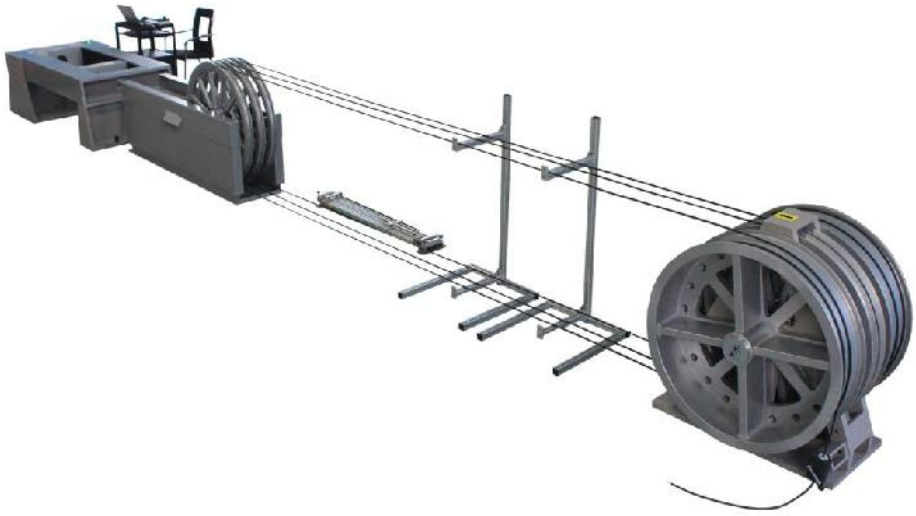

Figura 2. Máquina de tensión, norma internacional "*IEC 60794-1-21 Optical fibre cables – Generic specifications -basic optical cable test procedures". Method E1 – tensilel performance". Laboratorio de Pruebas Mecánicas. FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.*

3.2 METODOLOGÍA DE ENSAYO

El ensayo se realizó en varios niveles de tensión con la finalidad de caracterizar el comportamiento del cable en función de la tensión aplicada.

La muestra bajo ensayo fue sometida a una tensión longitudinal gradual comenzando desde 200 N (20.40 kgf) con incrementos de 200 N (20.40 kgf) a una velocidad de 50 N/s (5.1 kgf/s).

En cada nivel de tensión la carga fue sostenida durante 1 minuto para estabilizar la medición de atenuación.

La tensión final fue de 900 N (91.77 kgf), la cual fue sostenida durante 10 minutos.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 CAMBIO DE ATENUACIÓN Y ELONGACIÓN EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN APLICADA

La tabla 3 y las figuras 3 y 4 presentan los resultados del ensayo de tensión. La evaluación de la conformidad se presenta en la tabla 4.

Tensión [N]	Cambio de Atenuación [dB/km]	Incertidumbre de Atenuación [dB/km]	Elongación [%]	Incertidumbre de elongación [%]
200	0.00	0.01	0.29	0.01
400	0.00	0.01	0.63	0.01
600	0.00	0.01	1.00	0.01
800	0.00	0.01	1.20	0.01
900	0.00	0.01	1.29	0.01

Tabla 3. Resultados del cambio de atenuación y elongación de cable bajo ensayo en función de la tensión aplicada. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

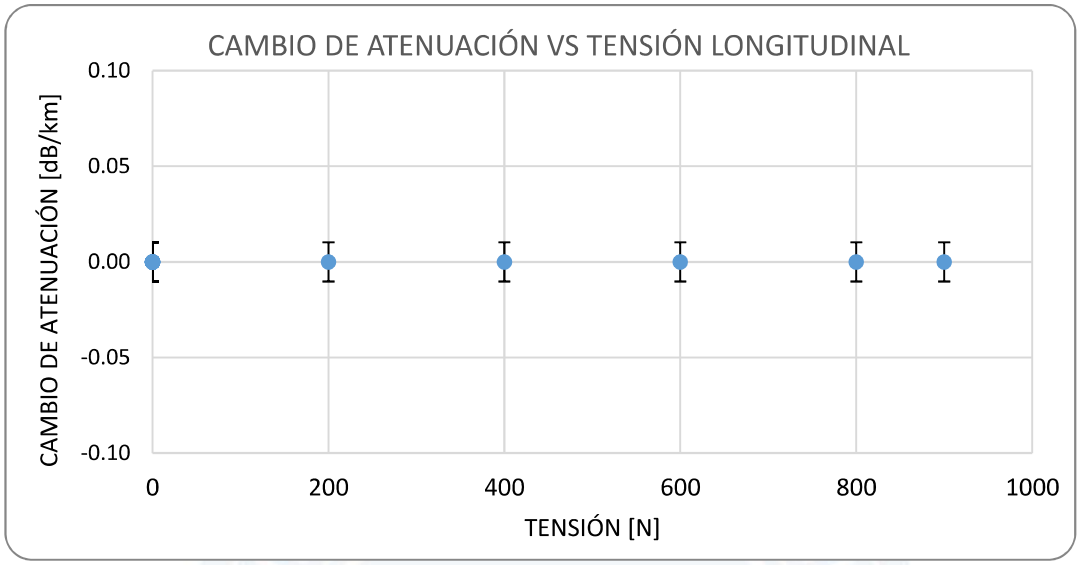

Figura 3. Cambio de atenuación del cable bajo ensayo en función de la tensión aplicada

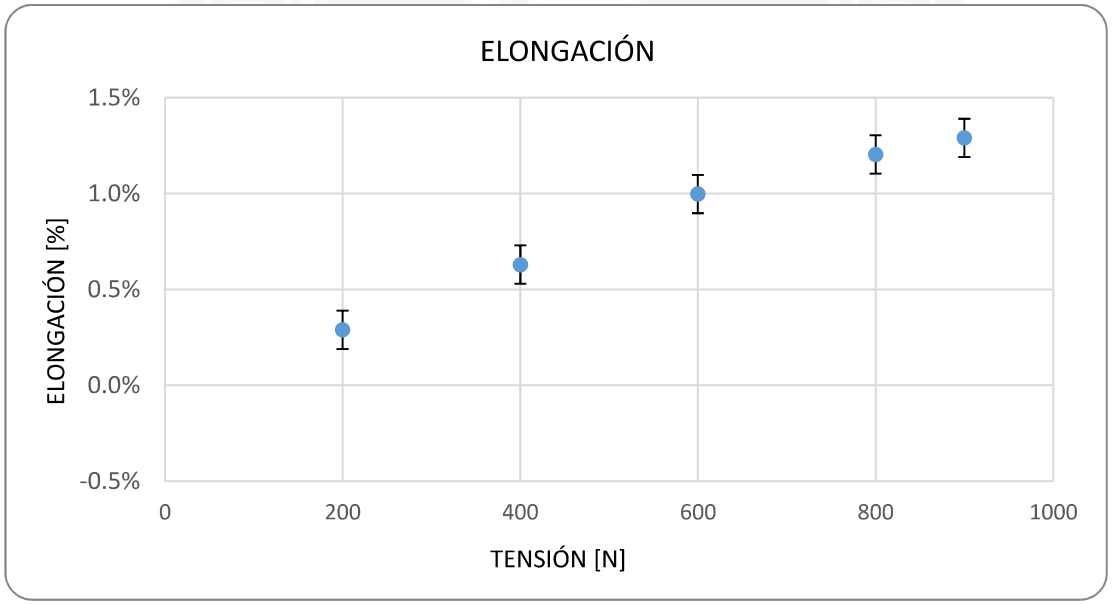

Figura 4. Elongación del cable bajo ensayo en función de la tensión aplicada

3.3.2 EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD – Atenuación

La tabla 4 muestra la evaluación de la conformidad bajo el ensayo de tensión.

ESPECIFICACIONES		ENSAYO		EVALUACIÓN
Tensión [N]	Atenuación [dB/km]	Tensión Máxima Aplicada [N]	Atenuación Máxima [dB/km]	
900	≤ 0.05	**900**	**0.00**	**CONFORME**

Tabla 4. Evaluación de la conformidad de la atenuación bajo el ensayo de tensión. La incertidumbre de medición tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

3.3.3 EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD - Elongación

La tabla 5 muestra la evaluación de la conformidad para la elongación del cable en función de la tensión

ESPECIFICACIONES		ENSAYO	EVALUACIÓN
Tensión [N]	Elongación Máxima del cable [%]	Elongación Máxima del cable [%]	
900	No especificada	**1.29**	**CONFORME**

Tabla 5. Evaluación de la conformidad de la elongación del cable. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95%

4. MÉTODO E3 – COMPRESIÓN (CRUSH)

Este ensayo cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional *"IEC 60794-1-21 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E3 – crush"*

El ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación del cable de fibra óptica cuando es sometido a un esfuerzo de compresión entre dos superficies. Esta compresión es similar a la que puede soportar el cable por un aplastamiento durante el proceso de instalación.

4.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de ensayo consiste de una máquina de compresión capaz de someter el cable a una fuerza de aplastamiento uniforme y constante a lo largo de 100 mm del cable durante

un tiempo determinado. Estas especificaciones de la máquina cumplen con los requisitos establecidos en la norma internacional “IEC 60794-1-21 método E3: Crush”.

La figura 5 muestra un diagrama esquemático del sistema de compresión.

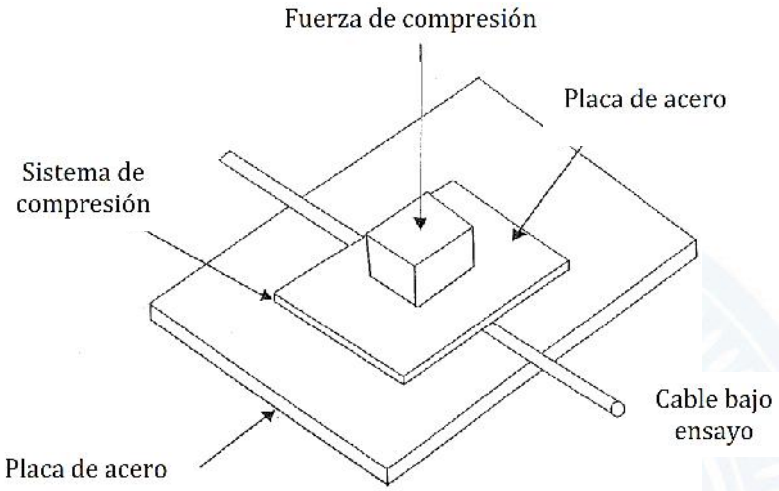

Figura 5. Diagrama esquemático del sistema de compresión. Fuente IEC 60794-1-21-E3

El sistema cuenta con un motor de compresión y una celda de carga para una presión controlada. Igualmente cuenta con un sistema especializado de medición de atenuación de alta exactitud.

Figura 6. Máquina de compresión, norma internacional “*IEC 60794-1-21 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E3 – Crush”. Laboratorio de Pruebas Mecánicas, FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.*

4.2 MÉTODOLOGÍA DE PRUEBA

El cable bajo ensayo fue sometido a una presión gradual a una velocidad de 50 N/s (5.1 kgf/s) hasta alcanzar la máxima compresión especificada.

El ensayo se realizó a dos diferentes niveles de compresión con diferente tiempo de exposición de acuerdo a las especificaciones del fabricante, tabla 6.

Resistencia al aplastamiento	Presión	Tiempo
Corto plazo	500 N/100mm	60 s
Largo plazo	100 N/100mm	300 s

Tabla 6. Parámetros de la prueba de compresión

El ensayo de compresión se realizó en tres secciones diferentes del cable separadas una distancia de 100 mm ente cada sección.

4.3 RESULTADOS

La tabla 7 presenta los resultados del ensayo de compresión y la evaluación de la conformidad en base a las especificaciones del fabricante, la cual establece que el aumento de la atenuación del cable no deberá ser mayor a 0.05 dB para asegurar un buen comportamiento durante la instalación. Esta especificación está conforme con la norma IEC 60794 -1- 21, método E3 - Crush

ESPECIFICACIONES			ENSAYO			EVALUACIÓN
Presión [N/100 mm]	Tiempo [s]	Atenuación [dB]	Atenuación [dB]	Incertidumbre [dB]	Daño de cubierta exterior	
500	60	≤ 0.05	**0.00**	**± 0.01**	**No se observa**	**CONFORME**
100	300	≤ 0.05	**-0.01**	**± 0.01**		**CONFORME**

Tabla 7. Resultados del ensayo de compresión y su evaluación de la conformidad. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

5. MÉTODO E4 – IMPACTO (IMPACT)

Este ensayo cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional *"IEC 60794-1-21 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E4 – Impact"*

El ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación del cable de fibra óptica cuando sometido a un impacto. Este impacto es similar al que puede soportar el cable durante el proceso de instalación.

5.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de ensayo consiste de una máquina capaz de someter el cable bajo ensayo al impacto de una masa en caída libre desde una altura de 1 m. Las especificaciones de la máquina cumplen con los requisitos establecidos en la norma internacional "IEC 60794-1-21 método E4: Impact".

La figura 7 muestra un diagrama esquemático del sistema de impacto.

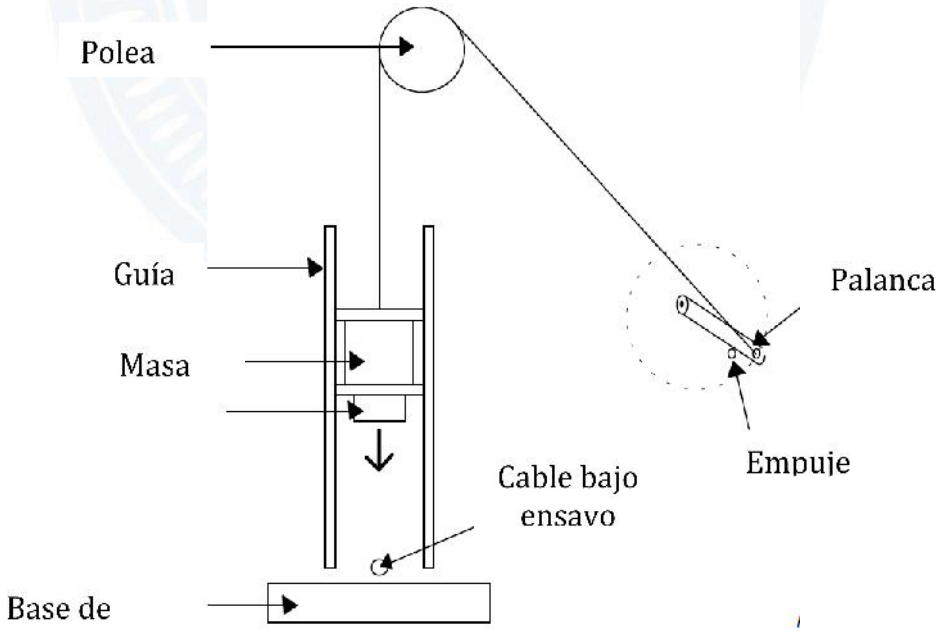

Figura 7. Diagrama esquemático del sistema de impacto. Fuente IEC 60794-1-21-E4

Figura 8. Máquina de impacto, norma internacional "*IEC 60794-1-21 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E4 – Impact". Laboratorio de Pruebas Mecánicas. FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.*

5.2 MÉTODOLOGÍA DE ENSAYO

Los cables bajo ensayo fueron sometidos a 3 impactos de 2.5 Joules de energía en diferentes puntos de la muestra separados 100 mm.

5.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La tabla 8 muestra los resultados del ensayo y su evaluación de la conformidad en base a las especificaciones del fabricante. Esta especificación está conforme con la norma *IEC 60794 -1- 21, método E3 – Crush.*

ESPECIFICACIONES		ENSAYO				EVALUACIÓN
Energía [J]	Atenuación [dB]	Energía [J]	Atenuación [dB]	Incertidumbre [dB]	Daño en cubierta exterior	
2.5	≤ 0.05	**2.5**	**0.00**	**± 0.01**	**No se observa**	**CONFORME**

Tabla 8. Evaluación de la conformidad del cable bajo el ensayo de impacto. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

6. MÉTODO E6 – DOBLECES REPETIDOS (REPEATED BENDING)

Este ensayo cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional *"IEC 60794-1-21 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E6 – Repeated bending".*

El ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación del cable de fibra óptica cuando sometido a dobleces repetidos mientras soporta una carga. Estas condiciones son similares a las soportadas por el cable durante el proceso de instalación.

6.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de ensayo consiste de una máquina de dobleces repetidos para cables de fibra óptica con especificaciones de acuerdo a la norma internacional *"IEC 60794-1-21 método E6: Repeated bending"*. La configuración del sistema de ensayo se muestra en la figura 9.

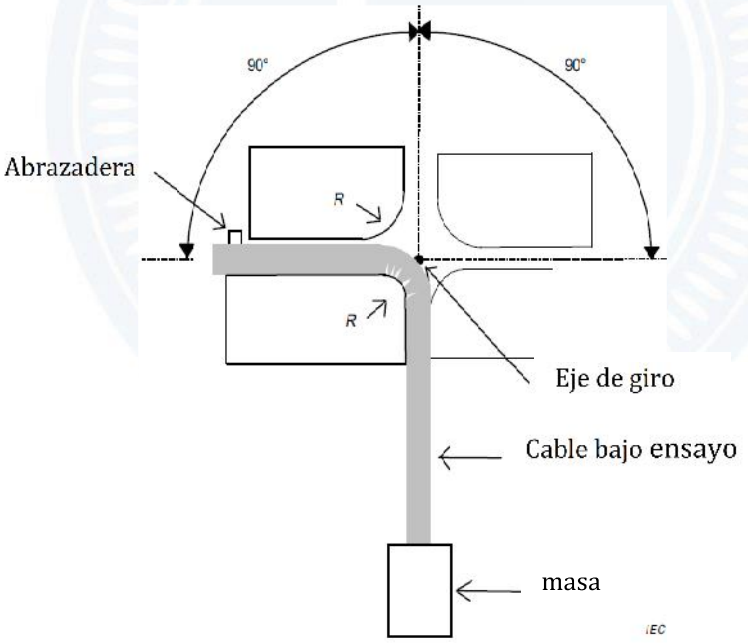

Figura 9. Diagrama del ensayo de dobleces repetidos. Fuente IEC 60794-1-21-E6

Figura 10. Máquina de dobleces repetidos, *"IEC 60794-1-21- Method E6 – repeated bending". Laboratorio de Pruebas Mecánicas. FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.*

6.2 METODOLOGÍA DE ENSAYO

El ensayo consiste en doblar un extremo de una muestra de cable hacia atrás y hacia adelante repetidas veces en un ángulo de 180° (± 90° desde la vertical) en un radio de curvatura definido, mientras el otro extremo del cable soporta una carga.

El ensayo se realizó bajo los parámetros de la tabla 9.

CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO		
Radio de curvatura	65	mm
Número de ciclos	25	ciclos
Frecuencia	5	ciclos / min
Tensión	50	N
Número de pruebas	3	pruebas

Tabla 9. Parámetros de configuración del ensayo de dobleces repetidos

6.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La tabla 10 muestra los resultados del ensayo de dobleces repetidos y la evaluación de la conformidad, la cual establece que el aumento de la atenuación del cable no deberá ser mayor a 0.05 dB para asegurar un buen comportamiento durante la instalación. Esta especificación está conforme con la norma *IEC 60794 -1- 21, método E6 – Repeated bending.*

ESPECIFICACIONES		ENSAYO				EVALUACIÓN
Tensión [N]	Atenuación [dB]	Tensión [N]	Atenuación [dB]	Incertidumbre [dB]	Daño de la cubierta exterior	
50	≤ 0.05	**50**	**0.00**	**± 0.01**	**No se observa**	**CONFORME**

Tabla 10. Evaluación de la conformidad del cable bajo el ensayo de dobleces repetidos. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2)

7. MÉTODO E7 – TORSIÓN (TORSION)

Este ensayo cumple con los parámetros y criterios establecidos en la norma internacional *"IEC 60794-1-21 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method E7 – Torsion"*

El ensayo está diseñado para determinar el comportamiento de la atenuación de un cable de fibra óptica sometido a una prueba de torsión mientras soporta una carga.

Esta evaluación se realiza bajo dos criterios:

1. La variación en la transmitancia del cable (atenuación) mientras la cubierta del cable está sujeta a una fuerza de torsión externa.
2. Daño físico sobre el cable como resultado de este esfuerzo de torsión.

7.1 SISTEMA DE ENSAYO

El sistema de ensayo consiste de una máquina de torsión para cables de fibra óptica con especificaciones de acuerdo a la norma internacional norma IEC 60794-1-21, método E7: Torsion. La configuración del sistema de ensayo se muestra en la figura 11.

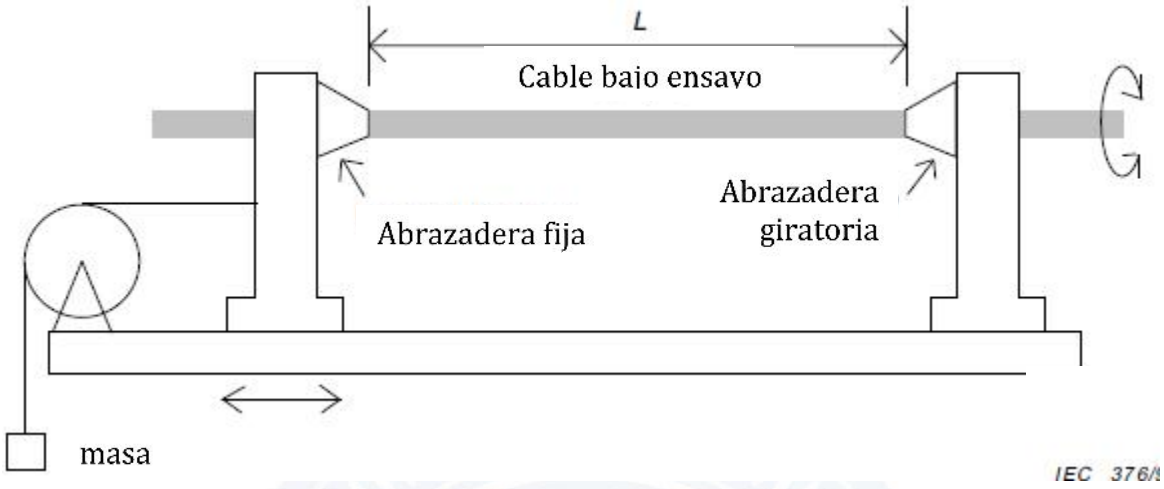

Figura 11. Diagrama esquemático del ensayo de torsión. Fuente IEC 60794-1-21-E7

Figura 12. Máquina de torsión, *"IEC 60794-1-21 optical fiber cables – basic optical cable test procedures. Method 7 – torsion". Laboratorio de Pruebas Mecánicas, FIBERLAB S. DE R.L. DE C.V.*

7.2 MÉTODOLOGÍA DE ENSAYO

El ensayo consiste en rotar de forma axial un extremo de una muestra de cable 180° en dirección de las manecillas del reloj, regresarlo a su posición original, rotarlo nuevamente 180° en sentido opuesto y regresarlo nuevamente a su posición original. El extremo opuesto

de la muestra permanece sujeto sin torsión mientras soporta una carga. El ciclo se repite 10 veces. El ensayo se realizó bajo los parámetros de la tabla 11.

CONFIGURACIÓN DEL ENSAYO		
Tensión	100	N
Número de ciclos	10	ciclos
Frecuencia	5	ciclos / min
Ángulo de torsión	± 180	grados
Longitud de la muestra	1.00	m
Número de pruebas	3	pruebas

Tabla 11. Parámetros de configuración del ensayo de torsión

7.3 RESULTADOS Y EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La tabla 12 muestra los resultados del ensayo de torsión y la evaluación de la conformidad la cual establece que el aumento de la atenuación del cable no deberá ser mayor a 0.05 dB para asegurar un buen comportamiento durante la instalación. Esta especificación está conforme con la norma *IEC 60794 -1- 21, método E7 – Torsion.*

.

ESPECIFICACIONES			ENSAYO			EVALUACIÓN
Carga [N]	Atenuación [dB]	Carga [N]	Atenuación [dB]	Incertidumbre [dB] k=2	Daño en cubierta exterior	
100	≤ 0.05	**100**	**0.00**	**0.01**	**No se observa**	**CONFORME**

Tabla 12. Evaluación de la conformidad del cable bajo ensayo de torsión. El ensayo tiene un nivel de confianza del 95% (k=2).

8. INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre, presentada como incertidumbre expandida, se obtuvo multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor que asegura un nivel de confianza de al menos 95%. La incertidumbre estándar fue calculada de acuerdo a la "Guide to the Expression of Uncertainties in Measurements, BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML (1995)".

9. TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES

Las mediciones son trazables al watt óptico [W], al metro [m], y al Newton [N], unidades de base y derivada del Sistema Internacional [S.I.] a través de los patrones mantenidos por el Centro Nacional de Metrología, CENAM.

10. REGLA DE EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD

La regla de decisión de conformidad se basó en el establecimiento de una zona de seguridad que garantice un error de decisión ≤ 2.3%, establecido en la guía "ASME B89.7.3.1:2001 "*Guidelines for decisión Rules: Considering Measurement Uncertanty in Derterminig Conformance to Specifications*".

REFERENCIAS

1. IEC 60793-1-40 Optical Fibers: Attenuation measurements methods: 2019

2. IEC 61300-3-4, Fibre optic interconnecting devices and passive components – Part 3-4: Examinations and measurements – Attenuation", método (A) inserción.

3. "IEC 60794-1-21:2015+AMD1:2020: Optical fibre cables - Part 1-21: Generic specification - Basic optical cable test procedures - Mechanical tests methods. Ed. 1.0 "

4. Evaluation of mesurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurements. JCGM 100:2008.

5. ASME B89.7.3.1 "Guidelines for decisión Rules: Considering Measurement Uncertanty in Derterminig Conformance to Specifications: 2001

6. Hoja de especificaciones técnicas WAVEOPTICS "CABLE DE PLANTA EXTERNA / INTERNA, Cable MDU FTTX 3 mm FOSPC-001-N-MDUFRTPU-3MM", Folio: SSA-010-03, 7/21/2020