

MANUAL DE INSTRUCCIONES

AT-SV10

Opacimetro / Sensor de opacidad para tuneles de trafico
Medicion MOR y coeficiente de extincion EXCO | Modbus RS485 | Salida 4-20mA

Documento: MANUAL-ATSV10-v2026.1
Sensovant Smart Sensing · 2026



5



Sensovant Smart Sensing

www.sensovant.com | comercial@sensovant.com

© 2026

Contenido

Capítulo 1: Introducción

- 1.1 Principio de funcionamiento
- 1.2 Estructura del sensor
- 1.3 Dimensiones del producto
- 1.4 Parametros tecnicos
- 1.5 Requisitos ambientales

Capítulo 2: Pruebas e Instalacion

- 2.1 Definicion de colores de cable
- 2.2 Seleccion del emplazamiento
- 2.3 Diagrama de instalacion

Capítulo 3: Protocolo de Comunicacion, Alarmas y Calibracion

- 3.1 Configuracion RS485
- 3.2 Protocolo MODBUS
- 3.3 Configuracion de alarmas por rele
- 3.4 Verificacion y calibracion

Capítulo 4: Normativa de Opacidad en Tuneles de Trafico

- 4.1 Marco regulatorio
- 4.2 Coeficiente de extincion (K)
- 4.3 Requisitos de los opacímetros en tuneles
- 4.4 Integracion del AT-SV10 con sistemas de control de tuneles

Capítulo 5: Problemas Comunes y Soluciones

Aviso Legal, Condiciones de Uso y Aceptacion del Producto

- 1. Aviso Legal y Sistemas Redundantes
- 2. Condiciones de Uso
- 3. Papel de Sensovant y Aceptacion

Nota Legal de Copyright y Contacto

INFORMACION PREVIA

Prefacio

Antes de utilizar el producto, lea atentamente el presente manual y cumpla estrictamente con las normas y recomendaciones aquí indicadas.

ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD

- **No desmonte el equipo por su cuenta.** El producto debe ser inspeccionado y reparado exclusivamente por personal cualificado y autorizado por Sensovant Smart Sensing.
- Queda estrictamente prohibido situar el equipo en entornos de alta temperatura fuera de los límites especificados en los parámetros técnicos.
- Sensovant Smart Sensing se reserva el derecho de modificar y alterar los parámetros técnicos y la información contenida en este documento sin previo aviso.
- Si encuentra cualquier problema durante el uso del equipo, pongase en contacto con el servicio de soporte técnico de Sensovant Smart Sensing.

Advertencia legal: El desmontaje no autorizado del equipo anulara la garantía, y cualquier infracción podrá dar lugar a acciones legales.

El opacímetro **AT-SV10** es un equipo de observación meteorológica que mide la visibilidad (MOR) y el coeficiente de extinción (EXCO) mediante medios ópticos. Desarrollado por YANTAI e integrado por **Sensovant Smart Sensing**.

Aplicaciones, sectores y entornos de integración:

Transporte por carretera y control de túneles

Aviación y navegación meteorológica

Actividades militares y defensa

Monitorización de contaminación atmosférica

Investigación en física atmosférica

Infraestructuras viarias inteligentes (SEVAC)

Introduccion

El opacimetro **AT-SV10** es un equipo de observacion meteorologica que mide la visibilidad (distancia optica meteorologica, MOR) y el coeficiente de extincion (EXCO) de la atmosfera terrestre mediante medios opticos de alta precision. El equipo puede monitorizar las condiciones de visibilidad de la zona de instalacion en tiempo real. Los datos de medicion de visibilidad tienen aplicacion amplia en el ambito del transporte por carretera, la aviacion, la navegacion, actividades militares, la contaminacion atmosferica y la investigacion en fisica atmosferica.

1.1 Principio de funcionamiento

La visibilidad atmosferica se define como la maxima distancia a la que una persona con vision normal puede identificar un objeto con respecto al fondo (cielo o suelo). Tambien se denomina visibilidad meteorologica. Dependiendo de la altura y la posicion relativa entre el observador y el objetivo, la visibilidad atmosferica puede clasificarse en visibilidad horizontal, inclinada y vertical.

En las observaciones meteorologicas, el termino visibilidad se refiere generalmente a la **visibilidad horizontal**, es decir, la visibilidad efectiva en direccion horizontal. La visibilidad efectiva se define como la maxima distancia horizontal visible en mas de la mitad del campo de vision circundante. Salvo indicacion expresa, la visibilidad mencionada en el presente manual se refiere a la visibilidad efectiva en direccion horizontal.

De acuerdo con la definicion de distancia optica meteorologica (MOR, *Meteorological Optical Range*):

$$\text{MOR} = \ln(0.05) / \text{delta}$$

Donde **delta** es el coeficiente de extincion atmosferico.

El coeficiente de extincion atmosferico se ve afectado principalmente por particulas solidas de pequeno tamano en el aire, particulas de aerosol y otras moléculas atmosfericas. Las ondas luminosas son absorbidas o dispersadas por los elementos mencionados durante su propagacion, lo que produce una atenuacion de la radiacion luminosa. El sensor utiliza el fenomeno de dispersion para calcular el coeficiente de atenuacion de la luz en la atmosfera y, a partir de este, derivar la visibilidad atmosferica.

Basado en la teoria anterior, el opacimetro **AT-SV10** emplea el **principio de dispersion hacia adelante** (*forward scattering*), con un **angulo de dispersion de 35 a 50 grados** y una **longitud de onda central de 850 nm** para el espectro de medicion.

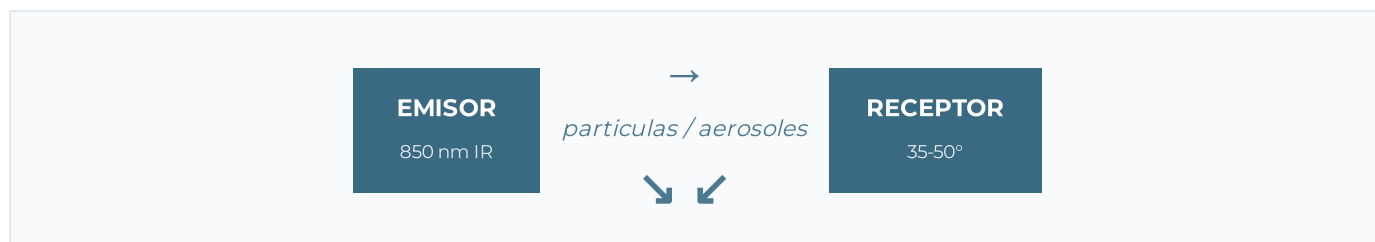


Fig. 1: Principio de dispersion hacia adelante

1.2 Estructura del sensor

El opacimetro AT-SV10 es un dispositivo autonomo que puede montarse en un mastil o soporte adecuado mediante los accesorios suministrados con el equipo. El dispositivo esta compuesto basicamente por cuatro partes:

1. **Transmisor optico:** Emite la radiacion infrarroja de 850 nm hacia la zona de medicion.
2. **Receptor optico:** Capta la luz dispersada hacia adelante por las particulas atmosfericas.
3. **Componente de calentamiento:** Sistema de calefaccion interna integrado para prevenir la formacion de hielo y condensacion en las opticas en condiciones de baja temperatura.
4. **Unidad de control y procesamiento:** Gestiona la adquisicion de datos, el calculo de MOR y EXCO, y las interfaces de comunicacion.

1.3 Dimensiones del producto

PARAMETRO	ESPECIFICACION
Peso	< 10 kg
Montaje	Dispositivo autonomo para instalacion en mastil mediante accesorios incluidos

1.4 Parametros tecnicos

PARAMETRO	ESPECIFICACION
Rango de medicion MOR	200 m - 10 km
Rango de medicion EXCO	0,30 - 15 km⁻¹
Voltaje de alimentacion	DC 12 V ~ 24 V
Consumo sin calefaccion	<= 2 W
Consumo con calefaccion	<= 6 W
Salida digital	RS485 estandar, protocolo Modbus
Salida analogica	4-20 mA
Salida de alarma	Rele (contacto normalmente abierto)
Precision (MOR <= 500 m)	+ - 50 m
Precision (MOR 500 ~ 1500 m)	+ - 10%
Precision (MOR > 1500 m)	+ - 20%
Intervalo de actualizacion de datos	15 s / 60 s

1.5 Requisitos ambientales

PARAMETRO AMBIENTAL	RANGO OPERATIVO
Temperatura de funcionamiento	-40 ~ 60 °C
Humedad de funcionamiento	0 ~ 100% RH
Temperatura de almacenamiento	-50 ~ 85 °C

CAPITULO 2

Pruebas e Instalacion

2.1 Definicion de colores de cable

El sensor AT-SV10 dispone de un cable multiconductor con las siguientes funciones asignadas por color:

COLOR	FUNCION
Rojo	Positivo de alimentacion (V+)
Negro	Negativo de alimentacion (GND)
Amarillo	RS485A (D+)
Azul	RS485B (D-)
Verde	Salida de corriente 4-20 mA
Blanco	Salida de rele IO1 (contacto normalmente abierto)
Gris	Salida de rele IO2 (contacto normalmente abierto)

NOTA IMPORTANTE: La salida de corriente 4-20 mA comparte tierra comun con el terminal negativo de la alimentacion. Asegurese de que la conexion de referencia de tierra es correcta para evitar lecturas erroneas o interferencias en la senal analogica.

Escala de salida 4-20 mA (EXCO)

La salida analogica 4-20 mA esta escalada linealmente para el rango de coeficiente de extincion **EXCO: 0,30 a 15 km⁻¹** de la siguiente forma:

CORRIENTE (mA)	EXCO (KM ⁻¹)	VISIBILIDAD MOR APROX.
4,0 mA	15,00 km ⁻¹	~ 200 m
8,0 mA	7,80 km ⁻¹	~ 384 m
12,0 mA	7,65 km ⁻¹	~ 392 m
16,0 mA	0,63 km ⁻¹	~ 4 762 m
20,0 mA	0,30 km ⁻¹	~ 10 000 m

Nota: La escala 4-20 mA es lineal sobre el valor EXCO. El punto medio (12 mA) corresponde al valor intermedio del rango. La correspondencia con MOR es aproximada segun la formula $MOR = -\ln(0,05) / EXCO$.

2.2 Selección del emplazamiento

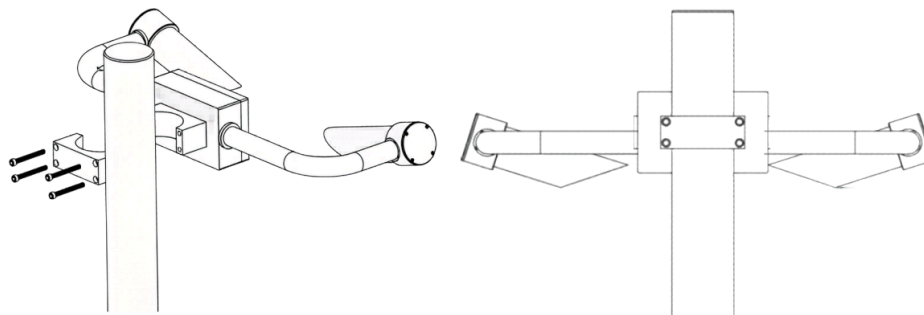
Los opacímetros se basan en mediciones ópticas y son susceptibles a interferencias ambientales. Por ello, la selección de una zona adecuada y representativa para la instalación es crítica para garantizar la precisión de los datos. A la hora de seleccionar el emplazamiento, deben considerarse los siguientes principios:

- 1 Representatividad meteorológica:** El emplazamiento seleccionado debe ser representativo de las condiciones meteorológicas del entorno. Debe situarse alejado de edificios altos (a una distancia no inferior a 100 m) y no debe existir vegetación que obstruya el emplazamiento de instalación.
- 2 Ausencia de obstáculos ópticos:** La ubicación elegida debe estar libre de obstáculos y superficies reflectantes que puedan afectar las mediciones ópticas, así como de fuentes evidentes de contaminación.
- 3 Línea de visión despejada:** No debe haber obstáculos en la línea de visión entre el transmisor óptico y el receptor óptico.
- 4 Evitar luz solar directa:** Evite que la luz solar directa incida sobre el receptor. En condiciones de fuerte insolación, los datos del receptor pueden saturarse y el firmware generará una advertencia. La luz solar intensa también aumenta el nivel de ruido del receptor óptico.
- 5 Orientación en entornos viarios:** En entornos de carretera o túnel, el receptor óptico debe orientarse alejado del tráfico de vehículos. La orientación preferente es a lo largo del eje longitudinal de la vía.

Recomendación: En túneles de tráfico, la altura de instalación recomendada es de **3,5 m a 4,5 m** sobre el pavimento. En estaciones meteorológicas, la altura recomendada es de **2,5 m a 3 m**.

2.3 Diagrama de instalacion

El sensor AT-SV10 debe montarse en un mastil o soporte adecuado mediante los accesorios suministrados. A continuacion se presenta el diagrama de montaje recomendado:



5

Fig. 2: Diagrama de instalacion y montaje del sensor AT-SV10

Instrucciones de montaje

1. **Nivelacion horizontal:** Utilice el nivel de burbuja integrado para asegurar que el equipo esta perfectamente nivelado.
2. **Orientacion correcta:** Coloque el transmisor y el receptor segun las recomendaciones del punto 2.2.
3. **Fijacion robusta:** Apriete todos los tornillos de fijacion para evitar vibraciones inducidas por el viento o el transito de vehiculos.
4. **Proteccion del cable:** Utilice prensaestopas o conducto apropiado para proteger el cable de conexion.
5. **Verificacion final:** Compruebe que todas las conexiones electricas son correctas antes de energizar el equipo.

ENTORNO	ALTURA RECOMENDADA
Estaciones meteorologicas	2,5 m - 3 m
Tuneles de trafico	3,5 m - 4,5 m (vease el Capitulo 4)

Protocolo de Comunicacion, Alarmas y Calibracion

3.1 Configuracion RS485

La interfaz de comunicacion serie por defecto del sensor AT-SV10 presenta la siguiente configuracion:

PARAMETRO	VALOR POR DEFECTO
Velocidad de transmision (Baud rate)	9600
Bit de paridad (Parity)	Ninguna (None)
Bits de datos (Data bits)	8
Bits de parada (Stop bits)	1

La configuracion (**9600, N, 8, 1**) es la establecida de fabrica. Cualquier modificacion del baud rate requiere un **reinicio del dispositivo** para que el cambio surta efecto. No se recomienda modificar estos parametros a personal no autorizado.

3.2 Protocolo MODBUS

El sensor AT-SV10 implementa el protocolo estandar de comunicacion **MODBUS-RTU**. Una trama completa esta compuesta por los siguientes elementos: byte de direccion del dispositivo, byte de funcion, bytes de direccion de inicio de datos, longitud de datos, campo de datos y campo de verificacion.

Descripcion de los campos

- **Direccion:** Cada dispositivo puede configurarse con una direccion propia en el rango 1-255 (0x0001-0x00FF). El equipo maestro (*host*) puede direccionar diferentes dispositivos mediante direcciones distintas. La direccion por defecto de fabrica es **0xFF (255)**.
- **Comandos (Codigos de funcion):**
 - **0x03:** Leer multiples registros (*Read Holding Registers*)
 - **0x06:** Escribir un unico registro (*Write Single Register*)
- **Direccion de inicio de datos:** Direccion del primer registro a leer o escribir.
- **Longitud de datos:** Numero de registros a leer en la operacion actual.
- **Datos:** Datos validos en formato **byte alto primero, byte alto despues** (*big-endian*).
- **Verificacion (Checksum):** Se utiliza unCodigo de Redundancia Ciclica de 16 bits (**CRC16**) para determinar si la informacion recibida contiene errores. El CRC se calcula sobre todos los bytes excepto los dos bytes de verificacion. El formato del CRC presenta el byte menos significativo primero, seguido del byte mas significativo.

3.2.1 Algoritmo CRC16 (implementacion en lenguaje C)

El siguiente codigo en C implementa el calculo del CRC16 requerido por el protocolo MODBUS del sensor AT-SV10:

```
int CRC_Check(unsigned char *m_Data, short m_Size)
{
    int i0, i1;
    char CRC16Lo, CRC16Hi, SaveHi, SaveLo;

    CRC16Lo = 0xFF;
    CRC16Hi = 0xFF;

    for(i0 = 0; i0 < m_Size; i0++)
    {
        CRC16Lo = CRC16Lo ^ *(m_Data + i0);
        for(i1 = 0; i1 < 8; i1++)
        {
            SaveHi = CRC16Hi;
            SaveLo = CRC16Lo;
            CRC16Hi >>= 1;
            CRC16Lo >>= 1;
            if((SaveHi & 1) == 1)
            {
                CRC16Lo |= 0x80;
            }
            if((SaveLo & 1) == 1)
            {
                CRC16Hi ^= 0xA0;
                CRC16Lo ^= 1;
            }
        }
    }
    return (CRC16Hi << 8) | CRC16Lo;
}
```

Nota tecnica: El CRC16 se calcula sobre todos los bytes de la trama excepto los dos bytes de verificacion. El resultado se devuelve como un entero de 16 bits, donde el byte alto (CRC16Hi) se desplaza 8 posiciones y se combina con el byte bajo (CRC16Lo) mediante una operacion OR.

3.2.1 Leer direccion del sensor

Trama de solicitud (envio):

CAMPO	VALOR	DESCRIPCION
Direccion reservada	0x00	Direccion broadcast (maestro)
Codigo de funcion	0x03	Leer registros
Direccion de registro	0x0000	Registro de direccion del dispositivo
Numero de registros	0x0001	Leer 1 registro
CRC16	0x85DB	Byte LSB primero: DB 85

Trama completa de envio:

00 03 00 00 00 01 85 DB

Trama de respuesta:

CAMPO	VALOR	DESCRIPCION
Direccion reservada	0x00	-
Codigo de funcion	0x03	-
Numero de bytes	0x02	2 bytes de datos
Datos del registro	0x00FF	Direccion actual del sensor = 0xFF (255)
CRC16	0xC5C4	Bytes de verificacion

Trama completa de respuesta:

00 03 02 00 FF C5 C4

El campo de datos **0x00FF** indica que la dirección actual del sensor es 0xFF. El rango de direcciones válido es 0x01-0xFF, siendo 0xFF la dirección por defecto de fábrica.

3.2.2 Modificar dirección del sensor

Ejemplo: cambiar la dirección del sensor a **0x01**.

Trama de solicitud (envío):

CAMPO	VALOR	DESCRIPCION
Dirección reservada	0x00	-
Código de función	0x06	Escribir registro único
Dirección de registro	0x0000	Registro de dirección
Nueva dirección	0x0001	Nueva dirección = 0x01
CRC16	0x49DB	Bytes de verificación

Trama completa de envío:

00 06 00 00 00 01 49 DB

Trama completa de respuesta:

00 06 00 00 00 01 49 DB

Cuando la respuesta coincide con la trama enviada, la modificación de dirección ha sido exitosa. La dirección actual del sensor es ahora **0x01**.

3.2.3 Modificar baud rate

Ejemplo: establecer el baud rate a **9600**.

Tabla de valores de baud rate:

VALOR	BAUD RATE
0x00	2400
0x01	4800
0x02	9600 (por defecto)
0x03	19200
0x04	38400
0x05	57600
0x06	115200

IMPORTANTE: El baud rate debe configurarse por personal autorizado únicamente. No se permite la modificación a personal no cualificado. El dispositivo debe **reiniciarse** para que el cambio surta efecto.

Trama de solicitud (envío) para configurar 9600:

CAMPO	VALOR	DESCRIPCION
Direccion reservada	0x00	-
Codigo de funcion	0x06	Escribir registro unico
Direccion de registro	0x0102	Registro de configuracion de baud rate
Nuevo baud rate	0x0002	Valor correspondiente a 9600
CRC16	0xA9E6	Bytes de verificacion

Trama completa de envio:

```
00 06 01 02 00 02 A9 E6
```

Trama completa de respuesta:

```
00 06 01 02 00 02 A9 E6
```

La coincidencia entre la trama enviada y la respuesta confirma que el baud rate ha sido modificado correctamente.

3.2.4 Leer datos del sensor**Trama de solicitud (direccion por defecto 0xFF):**

CAMPO	VALOR	DESCRIPCION
Direccion del sensor	0xFF	Direccion del dispositivo (default)
Codigo de funcion	0x03	Leer registros
Direccion de inicio	0x0001	Primer registro de datos
Numero de registros	0x0005	Leer 5 registros
CRC16	0xC1D7	Bytes de verificacion

Trama completa de envio:

```
FF 03 00 01 00 05 C1 D7
```

Trama de respuesta (ejemplo):

CAMPO	VALOR	DESCRIPCION
Direccion del sensor	0xFF	-
Codigo de funcion	0x03	-
Numero de bytes	0x0A	10 bytes de datos (5 registros x 2 bytes)
Datos (10 bytes)	Varios	Ver decodificacion a continuacion
CRC16	0x23D4	Bytes de verificacion

Trama completa de respuesta (ejemplo):

```
FF 03 0A 00 00 07 D0 00 05 DC 00 00 23 D4
```

Decodificación de los datos de respuesta

Los datos de la trama se interpretan de la siguiente manera:

BYTES	VALOR HEX	DECODIFICACION
0x00 0x00 0x07 0xD0	MOR = 0 + 0x07D0	MOR = 2000 m

Interpretación: El valor de MOR es 2000 metros. El intervalo de actualización es de 60 segundos.

BYTES	VALOR HEX	DECODIFICACION
0x00 0x05 0xDC	EXCO = (0 + 0x05DC) / 1000	EXCO = 1500 / 1000 = 1.500

Interpretación: El valor de EXCO es 1.500. El intervalo de actualización es de 60 segundos.

BYTES	VALOR HEX	DECODIFICACION
0x00 0x00	Estado del rele	0x0000 = Sin alarma

Interpretación: El rele no tiene salida de alarma activa.

Tabla resumen de direcciones de registros

DIRECCION	TIPO DE ACCESO	CONTENIDO	OBSERVACIONES
0x0001	Solo lectura	Valor MOR a 60 s	Leer directamente, unidad: metros (m). 4 bytes
0x0003	Solo lectura	Valor EXCO a 60 s	Multiplicado por 1000. 4 bytes
0x0005	Solo lectura	Estado de alarma del rele	0x0000 = Sin alarma; 0x0001 = Alarma activa. 2 bytes

3.3 Configuración de alarmas por rele

El sensor AT-SV10 incorpora dos salidas de rele (IO1 e IO2) configurables para la activación de alarmas en función del valor de EXCO medido.

- La salida de rele es **normalmente abierta (NO)** por defecto.
- Cuando el valor de EXCO es mayor o igual al umbral configurado, el rele cierra el contacto y los dos terminales de salida del rele quedan en cortocircuito.
- El umbral de EXCO por defecto de fábrica es **6.000**.

Comando de configuración del umbral de alarma

AT+XFALM=06000#

Este comando establece el umbral de alarma EXCO en 6.000. Al configurar el valor, el valor real debe multiplicarse por 1000 y expresarse con **exactamente 5 dígitos**. Si el valor tiene menos de 5 dígitos, deben añadirse ceros a la izquierda.

Ejemplos de configuración del umbral de alarma

UMBRAL DESEADO	COMANDO AT
2.500	AT+XFALM=02500#
4.000	AT+XFALM=04000#
6.000	AT+XFALM=06000#
8.500	AT+XFALM=08500#
12.000	AT+XFALM=12000#

Comando de consulta del umbral de alarma

```
AT+XFALM?#
```

Respuesta del sensor:

```
ALM,6.000
```

La respuesta indica que el umbral de alarma actual configurado es **6.000**.

3.4 Verificación y calibración

Los kits de verificación y calibración de visibilidad se utilizan para la comprobación *in situ* de los opacímetros, con el fin de confirmar que los resultados de medición del equipo se encuentran dentro del rango de error permitido. También pueden emplearse para realizar una calibración de un solo punto *in situ* y garantizar la precisión de las mediciones del equipo.

3.4.1 Inspección previa

Antes de proceder a la verificación o calibración, confirme los siguientes puntos:

1. **Integridad del kit:** Verifique que la lamina de calibración esta intacta y que la base y los elementos de fijación estan completos.
2. **Estado del equipo:** El opacímetro debe funcionar correctamente y la comunicación debe ser normal. La ventana del sensor debe estar limpia y libre de gotas de agua, polvo, hielo o manchas evidentes.
3. **Condiciones ambientales:** Elija un día despejado y sin viento con **visibilidad superior a 6 km**. Evite condiciones de lluvia intensa, cambios bruscos de niebla densa, tormentas de polvo y vientos fuertes. Evite ambientes con luz solar directa o interferencia significativa por luz reflejada.

3.4.2 Verificación del equipo

A. Limpieza del sensor

Limpie la ventana del transmisor (ventana derecha mirando de frente el sensor) y la ventana del receptor del opacímetro con un paño sin pelusa o papel de lente, asegurándose de que las ópticas estén perfectamente limpias.

B. Instalación del kit de verificación

1) Verificación de escala completa MOR (corresponde a EXCO: $0,30 \text{ km}^{-1}$)

Fije la base de montaje del kit de verificación de escala completa a la ventana del transmisor, asegurándose de que la placa de atenuación quede completamente al ras del tubo del telescopio, y apriete los tres tornillos de fijación. Espere 5 minutos, lea 3 valores, calcule la media y registre los resultados.

Criterio de aceptación: MOR: $10\ 000 \text{ m} \pm 20\%$ (EXCO: $0,300 \sim 0,375 \text{ km}^{-1}$).

2) Verificación del punto MOR 603 m (corresponde a EXCO: 4.975)

Fije la base de montaje del kit de verificación del punto 603 m a la ventana del transmisor, asegurándose de que la lámina de calibración quede completamente al ras del tubo del telescopio, y apriete los tres tornillos de fijación. Espere 5 minutos, lea tres valores, calcule la media y registre los resultados.

Criterio de aceptación: MOR: $603 \text{ m} \pm 50 \text{ m}$ (EXCO: $4.594 \sim 5.425$).

3) Retirada del equipo de verificación

Retire la base de calibración y guarde el kit en su estuche de almacenamiento.

C. Análisis de resultados

Analice los resultados de las dos comprobaciones. Si los resultados se encuentran dentro del rango de error aceptable, el equipo funciona correctamente y no requiere calibración. Si la desviación es significativa, será necesario proceder a la calibración.

3.4.3 Calibración en el punto 603 m

La calibración se realiza en el punto de MOR 603 m (valor correspondiente a EXCO: 4.975, determinado según el kit real).

Fije la base de montaje del kit de verificación del punto 603 m a la ventana del transmisor, asegurándose de que la lámina de calibración quede completamente al ras del tubo del telescopio, y apriete los tres tornillos de fijación. Espere 5 minutos, a continuación envíe el comando de calibración:

AT+ATSV10ADJ01#

El dispositivo responderá con: **OK**. Espere 3 minutos para que la calibración se complete. Retire la base de calibración y guarde el kit en su estuche.

Tras la calibración, puede realizarse el proceso de verificación del dispositivo para validar los resultados obtenidos.

3.4.4 Precauciones

- No deje huellas dactilares, manchas de grasa ni rayaduras sobre la superficie de la lamina de calibracion.
- No desmonte el kit de verificacion por su cuenta.
- No exponga el kit a entornos de alta temperatura, alta humedad o ambientes corrosivos.
- La verificacion con kit no equivale a una calibracion metrologica formal. Si el equipo se utiliza en escenarios legales o criticos, debe someterse a los procedimientos establecidos en la normativa metrologica vigente aplicable.
- Si el equipo no cumple los estandares tras multiples comprobaciones consecutivas, contacte con **Sensovant Smart Sensing** o con personal de mantenimiento autorizado para obtener asistencia.

CAPITULO 4

Normativa de Opacidad en Tuneles de Trafico

4.1 Marco regulatorio

La medicion y control de la opacidad en tuneles de trafico constituye un elemento critico dentro del conjunto de sistemas de seguridad vial, dado que la visibilidad reducida por humo de escape, polvo en suspension o situaciones de emergencia (incendios) puede derivar en accidentes de gravedad. El sensor AT-SV10, con su capacidad de medicion simultanea de MOR y EXCO, responde a los requisitos establecidos por la normativa nacional e internacional aplicable.

4.1.1 RD 635/2006: Requisitos minimos de seguridad en tuneles de carreteras del Estado

El Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, por el que se aprueban los requisitos minimos de seguridad en los tuneles de la Red de Carreteras del Estado, transpuso al ordenamiento juridico espanol la **Directiva 2004/54/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo. Este real decreto establece los requisitos que deben cumplir los tuneles nuevos y los existentes en materia de:

- Equipamiento de control y gestion de la circulacion.
- Sistemas de deteccion de incendios y control de opacidad.
- Sistemas de ventilacion forzada.
- Sistemas de senalizacion variable y comunicaciones.

4.1.2 Orden Circular 36/2015: Criterios de alumbrado, visibilidad y opacidad

La Orden Circular 36/2015, del Ministerio de Fomento, desarrolla criterios tecnicos sobre alumbrado, visibilidad y opacidad en tuneles de carretera. Entre sus disposiciones, establece criterios para el dimensionamiento y control del sistema de alumbrado, requisitos de visibilidad minima en el interior de los tuneles, umbrales de opacidad que deben disparar la activacion de protocolos de emergencia, y la necesidad de integracion de los sistemas de deteccion de opacidad con los sistemas de control centralizado de tuneles.

4.1.3 RABT Guidelines (Alemania)

Las *Richtlinien fur die Ausstattung und den Betrieb von StraSSentunneln* (RABT) constituyen un referente internacional de primer orden en materia de seguridad en tuneles. Las RABT establecen requisitos tecnicos para los opacimetros, criterios de posicionamiento de los sensores, protocolos de mantenimiento y verificacion periodica, y umbrales de EXCO para la activacion progresiva de los sistemas de ventilacion.

4.1.4 PIARC, OIML R99 y CIE 198:2011

La **World Road Association (PIARC)** publica recomendaciones tecnicas sobre seguridad en tuneles, incluyendo directrices para el diseno de sistemas de ventilacion basados en mediciones de opacidad. La **OIML R99** establece los requisitos metrologicos para opacimetros. La **CIE 198:2011** proporciona el marco cientifico para la medicion de visibilidad atmosferica mediante metodos opticos.

4.2 Coeficiente de extincion (K)

4.2.1 Definicion y unidades

El **coeficiente de extincion atmosferica**, designado como **K**, es una medida de la atenuacion que experimenta un haz de luz al propagarse a traves de la atmosfera debido a la dispersion y absorcion por particulas y moleculas presentes en el aire. Su unidad es el **m⁻¹** (reciproco del metro).

4.2.2 Relacion entre K, MOR y visibilidad

$$\text{MOR} = \ln(0.05) / K = -2.9957 / K$$

Donde **MOR** es la distancia optica meteorologica en metros, **K** es el coeficiente de extincion en **m⁻¹**, y **ln(0.05)** es el logaritmo natural del umbral de contraste convencional (5%).

4.2.3 Tabla de valores K para diferentes situaciones

La siguiente tabla presenta los valores tipicos del coeficiente de extincion K para diversas situaciones operativas en tuneles de trafico:

SITUACION	K (M ⁻¹)	MOR EQUIVALENTE	ACCION RECOMENDADA
Trafico fluido	0.003	~ 998 m	Monitoreo normal
Fuerte trafico	0.005	~ 599 m	Aumento ventilacion nivel 1
Trafico colapsado	0.007	~ 428 m	Aumento ventilacion nivel 2
Cierre de tunel	> 0.008	< 375 m	Alerta + cierre tunel
Inicio de incendio	0.018 - 0.023	~ 130 - 166 m	Emergencia - evacuacion
Fuerte presencia de humo	~ 0.028	~ 107 m	Emergencia critica

Nota tecnica: Los valores anteriores son orientativos y deben adaptarse a las condiciones especificas de cada tunel (longitud, pendiente, intensidad de trafico, sistema de ventilacion). La normativa vigente y los estudios de riesgo especificos del tunel deben prevalecer para la configuracion definitiva de los umbrales.

4.3 Requisitos de los opacimetros en tuneles

4.3.1 Requisitos metrologicos y de funcionamiento

PARAMETRO	REQUISITO
Rango de medicion de K	0 - 15 x 10 ⁻³ m ⁻¹
Precision	< 2% a final de escala
Tiempo de respuesta	< 60 segundos
Repetibilidad	+/- 1% del valor medido
Deriva a largo plazo	< 2% del fondo de escala / ano
Grado de proteccion	Mínimo IP65

4.3.2 Requisitos de instalacion

PARAMETRO	REQUISITO
Altura de instalacion	3.5 - 4.5 m sobre el pavimento
Distancia entre sensores adyacentes	200 - 500 m (longitud del tubo)
Numero minimo de sensores	2 sensores por tubo (uno en cada sentido)
Posicion del brazo sensor	Paralelo a la pared del tunel
Distancia a la pared	0.5 - 1.0 m

4.3.3 Consideraciones de instalacion

- El sensor debe instalarse de forma que el brazo optico quede orientado **paralelo a la pared del tunel**, no perpendicular al trafico, para minimizar interferencias por turbulencia.
- La ubicacion debe evitar zonas de recirculacion de aire o puntos muertos del flujo de ventilacion.
- La distancia minima entre el sensor y cualquier fuente de luz artificial del tunel debe ser de al menos **5 m** para evitar interferencias opticas.
- El cableado debe disponerse en canaletas o conductos protegidos, separado del cableado de potencia del sistema de alumbrado.
- El emplazamiento debe permitir el acceso seguro para operaciones de mantenimiento y calibracion sin interferir con el trafico.

4.4 Integracion del AT-SV10 con sistemas de control de tuneles

El sensor AT-SV10 esta especialmente disenado para su integracion en sistemas de gestion y control de tuneles de trafico, cumpliendo con los requisitos establecidos por la normativa vigente. Sus multiples interfaces de comunicacion permiten una integracion flexible con las principales plataformas de control.

4.4.1 Compatibilidad con sistemas SEVAC

El sensor es compatible con los sistemas de **Sensorizacion de Variables Atmosfericas en Carreteras (SEVAC)** utilizados por las principales concesionarias y organismos de carreteras. La salida RS485 con protocolo Modbus-RTU permite la conexion directa a las redes de adquisicion de datos de los sistemas SEVAC, facilitando la transmision en tiempo real de los valores de MOR y EXCO, la configuracion remota de parametros, y el diagnostico del estado del sensor.

4.4.2 Interfaces de comunicacion disponibles

INTERFAZ	PROTOCOLO / FORMATO	APLICACION
RS485	Modbus-RTU (9600, N, 8, 1)	Conexion a SCADA y sistemas de control centralizado
4-20 mA	Senal analogica de corriente	Entrada a PLC y controladores de automatizacion
Rele (2 salidas NO)	Contacto seco	Activacion de alarmas locales, ventilacion, senalizacion

4.4.3 Aplicaciones tipicas en tuneles

Activacion de ventilacion forzada: La salida de rele del sensor puede configurarse para activar automaticamente los sistemas de ventilacion forzada del tunel cuando el valor de EXCO supera el umbral programado:

- **Nivel 1** (EXCO > umbral bajo): Activacion ventilacion parcial.
- **Nivel 2** (EXCO > umbral medio): Activacion ventilacion total.
- **Nivel emergencia** (EXCO > umbral critico): Cierre del tunel y protocolo de emergencia.

Conexion a sistemas de gestion centralizada: Mediante la interfaz RS485 Modbus, el sensor se integra en el sistema SCADA del centro de control del tunel, permitiendo visualizacion en tiempo real del estado de visibilidad, registro historico de datos, generacion automatica de alarmas, e interconexion con sistemas de gestion de trafico (SVT) y paneles de mensaje variable (PMV).

CAPITULO 5

Problemas Comunes y Soluciones

A continuación se presenta una relación de los fenómenos de fallo más frecuentes durante la operación del sensor AT-SV10, junto con las soluciones recomendadas. Si el problema persiste, contacte con el soporte técnico de Sensovant Smart Sensing.

FENOMENO	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
Sin comunicación (el equipo no responde a tramas Modbus)	Fallo de alimentación eléctrica	Comprobar el suministro de alimentación (DC 12V ~ 24V). Verificar la polaridad de conexión (rojo = positivo, negro = negativo). Comprobar con multímetro que el voltaje en bornes del sensor es correcto.
Sin comunicación	Cableado incorrecto o deteriorado	Inspeccionar el cableado RS485 (amarillo = D+, azul = D-). Verificar que no existen cortocircuitos, roturas u óxido en los terminales. Comprobar la continuidad de los conductores.
Sin comunicación	Configuración incorrecta de parámetros de comunicación	Verificar que el baud rate del maestro coincide con el configurado en el sensor (por defecto: 9600, None, 8, 1). Comprobar que la dirección Modbus utilizada en la trama es la correcta.
Sin comunicación	Dirección de red duplicada	Verificar que no existen dos dispositivos con la misma dirección en el bus RS485. Consultar la dirección con el comando de lectura (véase sección 3.2.1).
Datos anómalos (lecturas de MOR o EXCO incoherentes)	Superficies reflectantes próximas al sensor	Revisar el entorno inmediato del sensor. Eliminar o cubrir superficies reflectantes (señales metálicas, superficies pintadas, charcos de agua) dentro del campo de visión óptico.
Datos anómalos	Dispositivos emisores de infrarrojo cercanos	Comprobar que no existen cámaras de infrarrojos, sistemas de visión artificial u otros dispositivos emisores de radiación en la longitud de onda de 850 nm en las proximidades del sensor.
Datos anómalos	Ventanas ópticas sucias o contaminadas	Limpiar la ventana del transmisor (derecha, mirando de frente) y la ventana del receptor con un paño sin pelusa o papel de lente. Comprobar que no existen depósitos de polvo, insectos o manchas.
Datos anómalos	Condensación o hielo en las ópticas	Verificar que el sistema de calefacción interna funciona correctamente (solo en condiciones de temperatura < 0 °C). Si persiste la condensación, contactar con soporte técnico.
Datos anómalos	Saturación del receptor por luz solar directa	Comprobar la orientación del sensor. El receptor no debe recibir luz solar directa. Reorientar el equipo según las recomendaciones de la sección 2.2.
Rele no activa / alarma no funciona	Umbral de alarma mal configurado	Verificar el umbral actual mediante el comando <code>AT+XFALM?#</code> . Reconfigurar si es necesario con <code>AT+XFALM=xxxxx#</code> (véase sección 3.3).
Rele no activa	Cableado del rele incorrecto	Verificar la conexión de los hilos blanco (IO1) y gris (IO2). Comprobar que la carga conectada está dentro de las especificaciones del contacto.
Salida 4-20 mA incorrecta	Tierra común mal conectada	Recordar que la salida 4-20 mA comparte tierra común con el terminal negativo de alimentación. Verificar la conexión de referencia de tierra en el lado del receptor (PLC o indicador).
Precisión degradada progresivamente	Necesidad de calibración	Si los datos muestran una deriva progresiva respecto a las lecturas de referencia, proceder a la verificación y calibración según las instrucciones de la sección 3.4.
Precisión degradada	Degradación de las ópticas	Si después de la limpieza y calibración la precisión sigue siendo insuficiente, las ventanas ópticas pueden estar deterioradas (rayaduras, opacidad). Contactar con soporte técnico para evaluación.

INFORMACION LEGAL

Aviso Legal, Condiciones de Uso y Aceptacion del Producto

1. Aviso Legal

Los productos suministrados por **Sensovant** estan destinados a ser integrados en sistemas, instalaciones o infraestructuras cuya configuracion, diseno, explotacion, **mantenimiento y supervision corresponden exclusivamente al instalador, integrador, mantenedor, propietario u operador** de la instalacion, segun resulte aplicable en cada caso.

La **correcta instalacion, configuracion, puesta en marcha, calibracion, verificacion funcional, inspeccion periodica y mantenimiento preventivo** de los equipos son requisitos esenciales para garantizar su adecuado funcionamiento durante toda su vida util. El usuario final y/o responsable de la instalacion debera establecer y ejecutar procedimientos adecuados de revision, prueba y mantenimiento, atendiendo a las recomendaciones de YANTAI, las condiciones de operacion reales, la criticidad de la aplicacion y la normativa vigente.

Las prestaciones, medidas, datos, senales o funcionalidades proporcionadas por cualquier equipo pueden verse afectadas por **factores externos, condiciones ambientales, envejecimiento de componentes, suciedad, desgaste, alteraciones de la instalacion, fallos de alimentacion, incidencias en las comunicaciones, errores de configuracion, interferencias electromagneticas** o cualquier otra circunstancia que pueda producir una degradacion del funcionamiento o resultados incorrectos. Por ello, **deberan realizarse comprobaciones periodicas** que permitan verificar la correcta operacion del producto y de todos los sistemas asociados.

La validacion de la adecuacion de cada producto para una aplicacion concreta, asi como el diseno de la arquitectura global del sistema donde se integra, son **responsabilidad exclusiva del proyectista, integrador, instalador y/o operador** de la instalacion.

! REQUISITO CRITICO: SISTEMAS REDUNDANTES EN APLICACIONES DE SEGURIDAD

Ningun equipo electronico esta libre de fallos. La seguridad de una instalacion **no debe depender de un unico dispositivo.** Los productos Sensovant **no constituyen por si solos sistemas completos de seguridad.**

Cuando la aplicacion afecte a la **seguridad de personas, bienes o infraestructuras**, debe incorporarse una arquitectura de seguridad global con **redundancias, supervisiones y mitigacion de riesgos** para evitar **puntos unicos de fallo (SPOF).**

Ante cualquier fallo que pueda afectar a personas, bienes, infraestructuras o el medio ambiente, **deberan implementarse medidas de proteccion, supervision y seguridad adicionales e independientes.**

Sensovant recomienda: no depender de un unico dispositivo, tecnologia, canal de comunicacion, fuente de alimentacion o fabricante. Utilizar **sistemas redundantes e independientes** de deteccion, medicion, supervision, comunicacion y control, con tecnologias alternativas o equipos de diferentes fabricantes.

Corresponde al propietario, operador, integrador o responsable de la instalacion determinar el nivel de **redundancia, disponibilidad, seguridad funcional y tolerancia a fallos** requerido para cada aplicacion, asi como verificar periodicamente que dichos requisitos continuan cumpliendose durante toda la vida util del sistema.

2. Condiciones de Uso

El producto debera ser **instalado, configurado, operado y mantenido exclusivamente por personal cualificado** y conforme a las instrucciones tecnicas, especificaciones y recomendaciones facilitadas por YANTAI y/o por Sensovant.

El usuario sera **responsable de realizar las tareas de inspeccion, mantenimiento preventivo, limpieza, calibracion, actualizacion, sustitucion de componentes sujetos a desgaste** y cualquier otra actuacion necesaria para garantizar el correcto funcionamiento del producto durante toda su vida util.

El usuario debera **verificar periodicamente el correcto funcionamiento de los equipos, sus comunicaciones, alarmas, salidas, senales** y cualquier otro elemento relacionado con la aplicacion final.

En aplicaciones donde la **disponibilidad, continuidad de servicio o seguridad resulten criticas**, el usuario debera implementar sistemas de supervision, deteccion de fallos, alarmas, redundancia, respaldo energetico y procedimientos de actuacion adecuados al nivel de riesgo existente.

La utilizacion del producto **fuera de sus especificaciones tecnicas, condiciones ambientales previstas, limitaciones funcionales o instrucciones de uso** podra afectar a su funcionamiento y eximira a Sensovant de cualquier responsabilidad que legalmente pueda ser excluida en relacion con las consecuencias derivadas de dicho uso inadecuado.

3. Papel de Sensovant y Aceptacion de las Condiciones

Sensovant actua, segun el producto suministrado, como **distribuidor, representante comercial, integrador, importador o proveedor de soluciones tecnologicas**. Salvo indicacion expresa en contrario, Sensovant **no es el fabricante** (el fabricante es YANTAI) del producto objeto de este manual.

Las especificaciones tecnicas, prestaciones, certificaciones, limitaciones funcionales, instrucciones de uso y caracteristicas de los productos son las establecidas por sus respectivos fabricantes (YANTAI para el sensor AT-SV10). Sensovant realiza sus mejores esfuerzos para trasladar dicha informacion de forma precisa, pero no garantiza la ausencia de errores tipograficos, omisiones o modificaciones posteriores realizadas por YANTAI.

La adquisicion, recepcion, instalacion, puesta en servicio o utilizacion del producto implica que el comprador, instalador, integrador, mantenedor y usuario final reconocen haber leído, comprendido y aceptado integramente las presentes advertencias, limitaciones de uso, recomendaciones de seguridad y obligaciones de mantenimiento descritas en esta documentacion.

En caso de no estar de acuerdo con cualquiera de estas condiciones, advertencias o recomendaciones, el producto **no debera ser instalado, integrado, puesto en servicio ni utilizado bajo ninguna circunstancia**, debiendo ser devuelto al proveedor antes de su instalacion o utilizacion, de acuerdo con las condiciones comerciales aplicables.

La instalacion, integracion, puesta en servicio o utilizacion efectiva del producto constituye **evidencia de la aceptacion de estas condiciones** y del reconocimiento expreso de que la seguridad, disponibilidad y adecuacion del sistema final dependen de una correcta integracion, supervision, mantenimiento periodico y de la implantacion de las medidas de redundancia, proteccion y control que resulten necesarias para la aplicacion concreta.

Salvo en aquellos supuestos en los que la legislacion aplicable establezca expresamente lo contrario, **Sensovant no sera responsable de danos, perdidas, interrupciones de servicio, lucro cesante, perdida de datos, costes indirectos o perjuicios derivados** de una instalacion incorrecta, integracion inadecuada, ausencia de redundancia suficiente, existencia de puntos unicos de fallo, mantenimiento insuficiente, falta de calibracion o verificacion periodica, utilizacion fuera de especificaciones, modificaciones no autorizadas o incumplimiento de las recomendaciones tecnicas y de seguridad indicadas por YANTAI o por Sensovant.

Las presentes condiciones deberan interpretarse de conformidad con la legislacion aplicable en cada momento y no limitaran ni excluiran aquellas responsabilidades que, por disposicion legal imperativa, no puedan ser objeto de exclusion o limitacion contractual.

Nota Legal de Copyright

Advertencia: El desmontaje no autorizado del equipo por parte de personal no cualificado anulara la garantía. Si el problema persiste después de aplicar las soluciones indicadas en esta tabla, contacte con el servicio técnico de **Sensovant Smart Sensing**.

NOTA LEGAL: Este manual de instrucciones es una adaptación técnica del documento original proporcionado por el fabricante YANTAI del sensor. Los derechos de autor, patentes y propiedad intelectual del hardware, firmware y documentación original pertenecen en exclusiva al fabricante YANTAI del sensor AT-SV10. Sensovant Smart Sensing actúa como distribuidor e integrador de soluciones de sensores.

Sensovant Smart Sensing

- Manual de Instrucciones Técnico - Sensor AT-SV10 Visibility / EXCO
- Version 1.0
- Clasificación: Documentación Técnica Industrial
- Uso exclusivo para personal técnico autorizado

Marcas comerciales: Los nombres comerciales, logotipos y marcas registradas mencionadas en este documento son propiedad de sus respectivos titulares. La mención de marcas de terceros tiene un propósito informativo y no implica endosamiento ni afiliación.

Limitación de responsabilidad: La información contenida en este manual se proporciona "tal cual" y sin garantías de ningún tipo, ya sea expresa o implícita. Sensovant Smart Sensing no se hace responsable de los daños directos, indirectos, incidentales o consecuentes que pudieran derivarse del uso de la información aquí contenida.

Prohibiciones: Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio sin la autorización previa y por escrito de Sensovant Smart Sensing. Queda prohibida la distribución no autorizada de este manual a terceros ajenos al personal técnico responsable de la instalación, operación y mantenimiento del equipo.



Sensovant Smart Sensing

www.sensovant.com | comercial@sensovant.com | TEL: +34 968 162 005

Soluciones inteligentes de sensores para infraestructuras críticas

Fin del documento