



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Análisis termoflujométrico en cerramientos para climas secos

TRABAJO FIN DE MASTER

GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

Autor: Srta. Silvia Lorencio Pérez
Director: Sr. Ángel Molina García
Codirector: Sr. Ignacio García Legaz-Quesada

Cartagena, 30 de Septiembre de 2014



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. Origen del tema.	1
1.2. Justificación.	1
1.3. Objetivo del trabajo.	2
1.4. Alcance del trabajo.	2
2. ESTADO DEL ARTE.	3
2.1. Estado del arte, situación internacional.	7
2.2. Estado del arte, situación nacional.	9
3. NORMATIVA DE APLICACIÓN.	10
3.1. UNE EN ISO 9869 Thermal insulation – Building elements – In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance.	10
3.2. UNE-EN ISO 6946. Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo.	10
3.3. UNE-EN 1745. Fabricación de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto.	10
3.4. UNE-EN 10456. Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos y de diseño.	11
3.5. Documento Básico, Ahorro de Energía.	11
4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.	11
5. METODOLOGÍA.	15
5.1. Introducción. El análisis termoflujométrico.	15
5.2. Equipo para la realización del análisis de termoflujometría.	15
5.2.1. Unidad de análisis y almacenamiento de datos (data logger).	16
5.2.2. Sondos de temperatura superficial.	16
5.2.3. Sondos de temperatura ambiental.	17
5.2.4. Sondos de flujo térmico (HFM, Heat Flow Meter)	17
5.3. Análisis termoflujométrico. Procedimiento.	18
5.4. Análisis de los datos.	22
5.4.1. Transferencia de calor y medición de U.	22
5.4.2. Método de la media.	25
5.4.3. Efectos de almacenamiento de calor.	26
5.4.4. Comparación de los valores calculados.	30
5.4.5. Perturbaciones causadas por el medidor de flujo de calor (HFM).	30
5.4.6. Corrección de la resistencia térmica de la placa (HFM).	35
5.4.7. Corrección de la dimensión finita de la HFM.	35
5.4.8. Precisión.	37
5.5. Informe de prueba.	38
6. CASO PRÁCTICO.	39
6.1. Localización del edificio.	39
6.2. Características y ubicación de los cerramientos en el edificio.	40
6.3. Causas de la prueba de termoflujometría.	44
6.4. Instalación del aparato en los cerramientos.	45
6.5. Método de análisis.	47
6.6. Resultados.	48
6.7. Resistencia total y transmitancia térmica según ISO 6946. Comparación con ISO 9869.	49
7. CONCLUSIÓN.	51
8. BIBLIOGRAFÍA.	52
ANEXOS.	54

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Origen del tema.

La eficiencia energética y las energías renovables comenzaron a cobrar importancia en España en los años 90 con la crisis económica y financiera del año 1993 agravada por las tensiones del precio del petróleo. En esta época se comenzaron a desarrollar células fotovoltaicas conectadas a red y parques eólicos como alternativas a energías convencionales. Estas dos energías constituyeron las opciones más evolucionadas en el campo de las fuentes renovables en España: la fotovoltaica pasó de 1,2 GWh en 1993 a 17 GWh de 1999; la eólica aumentó de los 116GWh generados en 1993 a los 2744 GWh de 1999 [1].

En el año 2004 el consumo de energía final en España fue de un 3,9% superior al del año anterior debido a la actividad económica y a las condiciones climáticas [1]. El mayor crecimiento de la demanda se ha dado en el sector residencial y terciario.

Los sectores de la construcción y de la automoción han sido agraviados por la crisis de 2007 experimentando un fuerte retroceso en 2009 comparable a través de la caída en dicho año del 16,2% en el Índice de Producción Industrial (IPI) y del 10,4% en el Valor Añadido Bruto, por encima de la caída del PIB [1].

El consejo Europeo de marzo 2007 resaltó la necesidad de aumentar la eficiencia energética en la Unión para conseguir una reducción del consumo energético en un 20% para el año 2020 [1].

Una valoración de la evolución del consumo energético desglosado según fuentes permite observar una aceleración en la contribución a la demanda de los recursos renovables a lo largo de los últimos años. Así, el crecimiento del consumo de estas fuentes en el periodo 2004-2010 quintuplica al existente desde comienzos de los 90 [1].

En el año 2010, el consumo de energía final experimentó un incremento del 2,8% respecto al año 2009, en el que la demanda cayó un 7,7% [1].

Desde dicho año 2010 no ha dejado de incrementarse paulatinamente la demanda de energías renovables, por ello merece un estudio de cómo mejorar y obtener un ahorro energético en todos los sectores. Este proyecto, particularmente surge de la necesidad de definir un método de verificación sobre la calidad del aire para satisfacer las condiciones climáticas del edificio.

La idea de este estudio nace del propio Centro Tecnológico de la Construcción (CTCON), que en colaboración con la Universidad Politécnica de Cartagena a través de prácticas en empresa se ha podido desarrollar.

1.2. Justificación.

En la actualidad las necesidades energéticas de nuestro país han alcanzado un nivel alto así como reducir las emisiones de CO₂. El nuevo Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, establece una serie de medidas de actuación en el sector de Edificación y Equipamiento con el objetivo de reducir la demanda energética.

En base a dichas medidas, en especial la medida 1 “*Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes*”, se ha desarrollado este proyecto para reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración de los edificios existentes mediante el estudio de la calidad del aire del interior y exterior del edificio.

Según el nuevo documento Básico Ahorro Energético (DB-HE) los edificios existentes y de nueva obra tienen que ser de consumo sostenible como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

1.3. Objetivo del trabajo.

En los últimos años se ha observado un aumento del número de instalaciones de aire acondicionado en España. Esto da lugar a problemas importantes en las horas de máxima carga, aumentando el coste de la electricidad y perturbando el balance energético de España. Por lo tanto, el proyecto consiste en el estudio del microclima de un edificio para analizar el comportamiento térmico del edificio tanto en verano como invierno.

El análisis consiste en desarrollar una metodología basada en la norma ISO 9869 (Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance), para climas secos como puede ser la Región de Murcia. Los datos serán recogidos con el aparato ALMEMO 2890-9 y a través del método de la media (ISO 9869) se calculará la temperatura y el flujo de calor que realmente pasa a través de un elemento constructivo. Una vez obtenidas la resistencia y transmitancia térmica se comprobará que las exigencias del Código Técnico de la Edificación.

Secundariamente se realizará un estudio de las posibles soluciones y usos de materiales a utilizar en el caso de que el cerramiento estudiado no cumpliera con lo establecido en CTE-HE, es decir, con el valor del coeficiente de transmitancia térmica real de la fachada del edificio, medido en uno o varios puntos, se podrá saber si es necesario reforzar el aislamiento de la envolvente del edificio y en qué grado para así contribuir en el certificado energético de edificios y en la edificación de edificios nuevos que sean de consumo de energía casi nulo establecidos en el Plan de Acción de eficiencias energéticas de diciembre 2020 y cumplir con el protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC).

1.4. Alcance del trabajo.

Este estudio tiene como objetivo analizar la transmitancia térmica real del cerramiento del edificio Centro Tecnológico de la Construcción de Alcantarilla, y con ello proponer un método de verificación de calidad del aire interior en el diseño de un edificio o vivienda, desde la perspectiva de eficiencia energética. Bajo esta premisa, el alcance de este trabajo se establece en el cumplimiento de los objetivos descritos principalmente, y para ello, se establecen indicadores, gráficos y figuras que permiten evaluar y/o describir cuantitativa y/o cualitativamente el desempeño de una instalación. Sin perjuicio de lo anterior, no se descarta

establecer directrices que permitan, a futuro, desarrollar un método alternativo o mejorar el método propuesto en este documento.

2. ESTADO DEL ARTE.

En los últimos años se ha observado un aumento del número de instalaciones de climatización en los países Europeos. Esto da lugar a problemas importantes en las horas de máxima carga, aumentado el coste de la electricidad y perturbando el balance energético.

Actualmente la utilización eficiente, prudente, racional y sostenible de la energía es una cuestión emergente en Europa. Según la Directiva 2010/31/UE del parlamento Europeo y del consejo de 19 de mayo de 2010, el consumo total de energía en los edificios en la Unión Europea es del 40%, este sector se encuentra en fase de expansión, lo que hará aumentar el consumo de energía. Por ello, en el 2007 el Consejo Europeo planteo la necesidad de aumentar la eficiencia energética de edificios en la Unión para alcanzar el objetivo de reducir el consumo energético en un 20% para 2020 de acuerdo al Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020.

La Directiva 2010/31/UE del parlamento Europeo y del consejo de 19 de mayo de 2010, establece una serie de requisitos mínimos a la eficiencia energética. Para este TFM es de especial interes la aplicación del requisito mínimo en elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio y tengan repercusiones significativas sobre la eficiencia energética de tal envolvente cuando se modernicen o sustituyan siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable.

Además, dicha Directiva del parlamento Europeo y del consejo, insiste en que se necesitan más medidas que aumenten el número de edificios que no solo cumplan los requisitos mínimos de eficiencia energética, sino que también sean más eficientes energéticamente al reducir tanto el consumo energético como las emisiones de dióxido de carbono.

Para mejorar la eficiencia energética de los edificios hay que tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales del edificio así como el entorno ambiental interior y la rentabilidad, según la Directiva 2010/31/UE del parlamento Europeo y del consejo de 19 de mayo de 2010. Además dicha Directiva del parlamento Europeo establece que para alcanzar una mejora de la eficiencia energética hay que incluir las características térmicas, instalaciones de calefacción y aire acondicionado, la utilización de energía procedente de fuentes renovables, los elementos pasivos de calefacción y refrigeración, el sombreado, la calidad del aire interior, la adecuada iluminación natural y el diseño del edificio.

Entonces para la metodología de cálculo de la eficiencia energética del edificio se tienen en cuenta los siguientes aspectos según la Directiva 2010/31/UE del parlamento Europeo y del consejo de 19 de mayo de 2010:

Las siguientes características térmicas reales del edificio, incluidas sus divisiones internas:

Capacidad térmica,
Aislamiento,
Calefacción pasiva,
Elementos de refrigeración y
Puentes térmicos.
Instalación de calefacción y de agua caliente, y sus características de aislamiento.
Instalaciones de aire acondicionado.
Ventilación natural y mecánica, lo que podrá incluir la estanqueidad del aire;
Instalación de iluminación incorporada;
Diseño, emplazamiento y orientación del edificio, incluidas las condiciones climáticas exteriores;
Instalaciones solares pasivas y protección solar;
Condiciones ambientales interiores, incluidas las condiciones ambientales interiores proyectadas;
Cargas interiores;

Entre estos puntos que recoge la Directiva del parlamento Europeo y del consejo para mejorar la eficiencia energética, el TFM se centra en el estudio de la calidad del aire interior del edificio para desarrollar así un equilibrio entre el aire exterior e interior del mismo. Para ello, es necesario determinar el valor de la resistencia y transmitancia térmica del cerramiento del edificio para poder evaluar las pérdidas de calor que se producen, establecer soluciones y con ello conseguir reducir las necesidades de calefacción y refrigeración.

El análisis consiste en desarrollar una metodología basada en la norma ISO 9869 (Thermal insulation - Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance), para climas secos como puede ser la Región de Murcia. El fundamento de esta metodología está en la medición de temperaturas y el flujo de calor que realmente pasa a través de un cerramiento, con el fin de calcular su resistencia y transmitancia térmica real según ISO 9869 y cumplir con lo establecido en el Código Técnico de la Edificación (CTE) en su Documento Básico Ahorro Energético (DB-HE). Se trata de comprobar si existe un equilibrio entre el aire exterior e interior del edificio y así poder reducir los costes de electricidad derivados de aparatos de aire acondicionado, calefacción etc., a unos niveles óptimos de rentabilidad.

Secundariamente se estudiarán los sistemas de construcción y/o el uso de materiales en los edificios similares al estudiado en el TFM, de la Región de Murcia. Con el cálculo de la resistencia y transmitancia térmica reales del edificio se podrá elegir el aislamiento más adecuado para la envolvente en caso de edificio nuevo o su sustitución en rehabilitación de edificios existentes, siempre que se cumpla lo determinado en el CTE-DB-HE. Hay que tener en cuenta el empleo de técnicas constructivas para sellar correctamente el aislamiento para

impedir el traspaso de flujo de aire al interior del edificio y conseguir así mejorar la eficiencia energética. Se trata de evaluar experimentalmente el desempeño energético y las condiciones medio ambientales del edificio, para contrastar las hipótesis proyectadas.

Se realizarán pruebas termoflujométricas en varios puntos del cerramiento del edificio con el aparato ALMEMO 2890-9. Una vez obtenidos los datos se estudiarán según el método de la media (ISO 9869) y se obtendrá la resistencia y transmitancia térmica del cerramiento. El procedimiento empleado para llevar a cabo esta tarea está basado en la norma ISO 9869 - Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance. Este estudio de resistencia y transmitancia térmica de la envolvente del edificio tiene que cumplir la normativa vigente, es decir, lo establecido en el Código Técnico de Edificación (CTE).

Los cerramientos objetivo de estudio están compuestos de los siguientes materiales:

Cerramiento 1:

Enfoscado monocapa: se trata de un mortero impermeable y coloreado se emplea para el revestimiento y protección de las fachadas frente a la lluvia. Este mortero está compuesto de un conglomerante hidráulico, agua y árido. Ladrillo cerámico hueco de medio pie.

Aislamiento: se opone al paso del calor por conducción, el material es lana de roca.

Cámara de aire.

Ladrillo cerámico hueco del 7.

Yeso: colabora eficazmente en el acondicionamiento térmico, higrótermico, acústico y lumínico de los edificios.

Pintura.

Cerramiento 2:

Monocapa.

Bloque.

Aislamiento.

Cámara de aire.

Ladrillo cerámico hueco del 7.

Yeso.

Pintura.

Otros métodos de cálculo de resistencia y transmitancia térmica de la envolvente del edificio es el establecido en la norma UNE-EN ISO 6949, Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo.

De entre los métodos citados, el más exacto para calcular la resistencia y transmitancia térmica real del edificio es el establecido en la norma ISO 9869 - Thermal insulation – Building

elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance, puesto que mide el verdadero flujo de calor que traspasa por el cerramiento.

En cuanto al Plan de Acción para la Eficiencia Energética, 2001-2020, este establece una serie de medidas de las cuales tres de ellas se refieren al estudio de la envolvente del edificio y son:

Medida 1: Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes.

Medida 4: Construcción de nuevos edificios y rehabilitación integral de existentes con alta calificación energética.

Medida 5: Construcción o rehabilitación de edificios de consumo de energía casi nulo.

Para que estas medidas se lleven a cabo, es necesario realizar un estudio previo de la envolvente del edificio y así contribuir en el certificado energético. Este estudio se basa en termografías, análisis de filtraciones, en el caso que nos ocupa ensayos termoflujométricos además de otras metodologías de estudio de los cerramientos del edificio.

Otro de los objetivos que se persigue con este TFM es contribuir a la edificación de edificios nuevos que sean de consumo de energía casi nulo establecidos en el Plan de Acción de eficiencia energética para diciembre de 2020 y colaborar en el cumplimiento del protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC).

Desde otro punto de vista el aire interior del edificio provoca molestias y síntomas de enfermedades en las personas si el edificio queda totalmente aislado del exterior. Xavier Guardino Solá indica que “La principal responsable es la contaminación de diversos tipos presente en el edificio, que suele denominarse mala calidad del aire en interiores” [2]. “Es un problema que se ha visto agravado por la construcción de edificios diseñados para ser más herméticos y que reciclan el aire con una proporción menor de aire fresco procedente del exterior con el fin de aumentar su rentabilidad energética”[2].

Es por ello, que a la hora de diseñar un edificio se tiene que tener en cuenta la ventilación natural o artificial, puesto que el edificio necesita reciclar el aire interior. No por ello se debe permitir el traspaso de flujo de aire a través del cerramiento, sino, todo lo contrario, el edificio debe ser construido correctamente en todos sus elementos, evitando filtraciones en la envolvente y aplicando correctamente la normativa referente a sistemas de ventilación del edificio para establecer un equilibrio climático en el interior del edificio.

A continuación se muestra la reseña de un trabajo del año 2005 en el que se describe la tecnología y el comportamiento térmico y energético de una vivienda convencional en la ciudad de Santa Rosa. Se analizan resultados de un monitoreo térmico realizado durante el invierno del 2003 y se muestra la simulación térmica en condiciones reales de uso realizada con SMEDIF. Este trabajo fue desarrollado por Filippín C y Flores Larsen S. **“COMPORTAMIENTO TERMICO DE INVIERNO DE UNA VIVIENDA CONVENCIONAL EN CONDICIONES REALES DE USO”**.

Actualmente se está desarrollando un proyecto en Austria que trata sobre el edificio de energía casi nula. El objetivo de este proyecto es demostrar conceptos de construcción innovadores que reducen significativamente las emisiones de CO₂ y que contenga un mínimo de energía gris sobre la totalidad de su ciclo de vida.

LIFE Cycle Habitation - LIFE Cycle Habitation – Demonstration Project with Carbon Neutral Construction and Innovative Energy Supply System

Coordinador: Grat - Centro de Tecnología Apropiado

Tipo de Organización: Institución de investigación

Descripción: Gruppe Angepasste Technologie (Grat), una asociación independiente de investigación para la tecnología apropiada, fue fundada en 1996 y tiene su sede en la

Universidad de Tecnología de Viena.

Partners: GMI (teamgmi Ingenieurbüro GmbH), Austria

Duración del proyecto: 02/06/2014 a 31/08/2018.

2.1. Estado del arte, situación internacional.

Con el paso de los años la experiencia internacional indica el mejoramiento de la calidad en la construcción. Experimentos basados en tecnologías empíricas han demostrado que la envolvente del edificio es un elemento primordial a la hora de realizar el certificado de calidad del edificio. Es por ello que otro de los objetivos de los análisis de termoflujometría es contribuir en el certificado energético del edificio.

A continuación se establece una comparación de los distintos sistemas de Certificación en USA, Francia y Bélgica según detalla Victor Mariano Aracena Pradena, 2012, “Método de verificación de calidad de aire interior en el diseño de un edificio o vivienda”.

Pais	USA		Francia	Bélgica
	NAHB	Energy Star	Qualitel	Construire avec l'énergie
Estudio y Percepción de demandas de calidad de usuarios	Si	No	No	No
Criterios de observación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comportamiento térmico de elementos envolventes. ✓ Instalaciones energéticas eficientes. ✓ Impermeabilidad al aire. 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Confort verano y demanda energética calefacción. ✓ Control ruidos. ✓ Plomería y electricidad. ✓ Costos mantención, fachadas y techumbres. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aislamiento térmico envolvente. ✓ Control ventilación. ✓ Caract. Sist. Calefacción. ✓ Caract. Sist. ACS.
Modelos de análisis	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluación energética global de la vivienda (método perstacional). ✓ Paquete tecnológico. 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluación energética de la vivienda (prestacional). ✓ Paquete tecnologico (prescriptivo). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculos de comportamiento térmico en envolvente según normas belgas. ✓ Cálculos de ventilación (natural o forzada).
Verificación experimental soluciones constructivas del "Paquete tecnologico"	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conductividad y transmitancia térmica. ✓ Estanqueidad al agua (muros). ✓ Comportamiento acústico. ✓ Estanqueidad al aire (puertas y ventanas). 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conductividad y transmitación térmica. ✓ Estanqueidad al agua. ✓ Comportamiento acústico. ✓ Estanqueidad al aire. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conductividad y transmitancia térmica. ✓ Estanqueidad al agua. ✓ Comportamiento acústico. ✓ Estanqueidad al aire.
Instrumentos de análisis Producto Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Software de simulación. ✓ Guía de diseño y construcción de viviendas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Software de simulación (prestacional). ✓ Guía de listado especificaciones técnicas de soluciones constructivas según clima (prescriptivo). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculos comportamiento térmico según normas locales (software o normas Th-K, Th-B, etc). ✓ Uso valores prescriptivos para comportamiento acustico. ✓ Instalaciones sanitarias y electricas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cálculos de comportamiento térmico de la envonvente según normas belgas. ✓ Uso valores prescriptivos para comportamiento térmico envolvente. ✓ Verif. Diseño sist. Ventilación.
Etapas de observación y análisis	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión proyecto. ✓ Inspección y verif. Experimetal obras. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Similar a sistema NAHB. ✓ Obtención sello. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión proyecto. ✓ Inspección obras. ✓ Obtención sello. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión proyecto. ✓ Inspección obras. ✓ Obtención sello.

Tabla 1. Comparación de los distintos sistemas de Certificación en USA, Francia y Bélgica según detalla Victor Mariano Aracena Pradena, 2012, "Método de verificación de calidad de aire interior en el diseño de un edificio o vivienda".

En Estados Unidos tienen las metodologías NAHR y Energy Star, QUALITEL en Francia que desde 1991 otorga la certificación energética, atendiendo al comportamiento térmico, acústico y eléctrico, mediante una puntuación del 1 al 5, para obtener el certificado se ha de conseguir como mínimo una puntuación de 3 en todos y cada uno de los aspectos considerados.

Construire avec l'énergie en Bélgica, método desarrollado y aplicable para el cálculo y evaluación del impacto medioambiental causado por un edificio, durante su periodo de vida. Certificado muy parecido al empleado en Francia (Qualitel).

En la Tabla 1 se puede observar como los cuatro métodos internacionales de certificación tratan el comportamiento térmico de la envolvente.

2.2. Estado del arte, situación nacional.

En España, el Certificado Energético del edificio ha cobrado gran importancia en los últimos años y con ello todo tipo de pruebas y ensayos que ayudan a estimar una calidad a la envolvente del edificio y así poder realizar el certificado energético. Como se ha dicho anteriormente, estas pruebas son análisis de termoflujométrica de la envolvente, termografías, pruebas del ruido, etc.

El 28 de diciembre de 1997 se firmó un convenio de colaboración entre el IDEA y la Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, del Ministerio de Fomento para:

- Desarrollar la CEV (Certificado Energético de Vivienda).
- Desarrollar la Calificación Energética extendida a todo tipo de edificios CALENER.
- Actualizar la NBE-CT-79.

El desarrollo de la Certificación Energética de Edificios en España se está llevando a cabo según la metodología establecida por el Gobierno Central. No obstante, cada Comunidad Autónoma puede ampliar las bases metodológicas establecidas por el Gobierno Español.

El Certificado de Eficiencia Energética debe informar del impacto real de la calefacción y la refrigeración en las necesidades de energía del edificio, de su consumo de energía primaria y de sus emisiones de dióxido de carbono.

Otra certificación establecida en España es la llamada Certificación Verde. El proceso de Certificación VERDE se desarrolla a partir de la evaluación del edificio mediante la herramienta VERDE desarrollada por el Comité Técnico GBC (GREEN BUILDING COUNCIL), Instituciones y empresas asociadas a GBC España.

La metodología en VERDE está basada en una aproximación al análisis de ciclo de vida en cada etapa del proceso edificatorio.

VERDE se focaliza en la evaluación sólo del edificio por ello los criterios evaluados en VERDE se limitan a:

- Parcela y emplazamiento.

- Energía y atmósfera.
- Recursos naturales.
- Calidad del ambiente interior del edificio.
- Calidad del servicio.

Aspectos sociales y económicos.

3. NORMATIVA DE APLICACIÓN.

3.1. UNE EN ISO 9869 Thermal insulation – Building elements – In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance.

La Norma ISO 9869 Thermal insulation – Building elements – In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance contiene las bases de cálculo de la Resistencia térmica y transmitancia térmica de cerramientos de los datos obtenidos con el aparato ALMEMO 2890-9.

Esta Norma Internacional describe el método de cálculo de flujo de calor para la medición de las propiedades de transmisión térmica de los componentes de construcción que consisten principalmente de capas opacas perpendiculares al flujo de calor. Las propiedades que se pueden medir son:

- a) La resistencia térmica (R) y la conductancia térmica Λ .
- b) La resistencia térmica total, R_T , y la transmitancia de un entorno a otro (U).

Esta norma ayuda a la realización de la metodología sobre el análisis de termoflujometría.

3.2. UNE-EN ISO 6946. Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo.

Otro método de cálculo de la resistencia térmica y transmitancia térmica es el establecido en la norma española UNE-EN ISO 6946. Este método consisten en:

Obtener la resistencia térmica de cada parte térmicamente homogénea del componente;

Obtener la resistencia térmica total del componente, combinando las resistencias térmicas individuales, incluyendo el efecto de las resistencias superficiales.

Las resistencias de las capas se combinan:

Capas térmicamente homogéneas.

Capas térmicamente heterogéneas.

- a) Capas de sección decreciente.

Y por último se aplica las correcciones de la transmitancia térmica si procede.

Esta norma se utilizará para comparar los valores de resistencia y transmitancia térmica de diseño con los valores reales.

3.3. UNE-EN ISO 1745. Fabricación de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto.

Esta norma europea describe el método para determinar valores térmicos (resistencia térmica u/o conductividad térmica) de la fábrica de albañilería y de las piezas de fábrica.

Los datos térmicos de diseño que presenta esta norma serán utilizados para la aplicación de la norma ISO 6946.

3.4. UNE EN ISO 10456. Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño.

Esta norma internacional especifica métodos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño de materiales y productos de edificación térmicamente homogéneos, junto con otros procedimientos para convertir los valores obtenidos bajo un conjunto de condiciones en valores válidos para otro conjunto de condiciones.

Proporciona coeficientes de conversión para temperaturas y para humedad, válidos para temperaturas medias entre 0 °C y 30 °C. También proporciona datos de diseño para su uso en cálculos de transferencia de calor y humedad, para materiales térmicamente homogéneos y productos utilizados en la construcción de edificios.

Estos datos de diseño serán, utilizados para la aplicación de la norma ISO 6946.

3.4. Documento básico ahorro de energía.

Este documento se divide en cinco secciones:

- HE 0 Limitación del consumo energético.
- HE 1 Limitación de la demanda energética.
- HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

Para el trabajo presente se utilizará HE 1, donde viene expresada la transmitancia térmica clasificada por zonas climáticas.

4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

Para la comprensión del presente trabajo es importante definir algunos conceptos relacionados con aspectos de transmisión de calor en los cerramientos.

El flujo de calor (Φ) es la cantidad de calor, por unidad de tiempo que pasa a través de una superficie. El flujo de calor se produce cuando existe un incremento de temperaturas entre los diferentes cuerpos, transfiriéndose desde el cuerpo con temperatura más alta al cuerpo con temperatura más baja, mediante mecanismos de: conducción, convección y radiación. El flujo de calor viene definido por la siguiente expresión:

$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad (\text{ec.1})$$

siendo:

ϕ flujo de calor [W]

Q cantidad de calor [J]

t tiempo [s]

A raíz del término flujo de calor, aparece el concepto de densidad superficial de flujo de calor (q), que se define como la cantidad de calor que pasa a través de una superficie. La densidad superficial de flujo de calor viene definida por la siguiente expresión:

$$q = \frac{\Phi}{A} \quad (\text{ec.2})$$

siendo:

q densidad de flujo de calor [W/m^2].

A superficie a considerar [m^2].

Es importante diferenciar si esta transmisión de calor se produce en régimen estacionario o transitorio. Cuando hablamos de régimen estacionario el flujo y la temperatura en cualquier punto son independientes, mientras que en régimen transitorio el flujo y la temperatura varían con el tiempo, por lo que existe variación de la energía interna del sistema.

En una situación de estudio real, estaríamos en el caso de régimen transitorio ya que ni la temperatura en el exterior ni la interior son constantes, además de prescindir de la capacidad de conservación de calor de los materiales que forman la envolvente. A pesar de lo dicho, la normativa vigente analiza el flujo de calor en régimen estacionario. Por lo tanto, en este trabajo seguiremos esta hipótesis (método de la media).

El flujo de calor se presenta de tres formas geométricas diferentes: unidimensional, bidimensional o tridimensional.

El flujo de calor sólo adopta una dirección que será perpendicular al cerramiento (Figura 1).

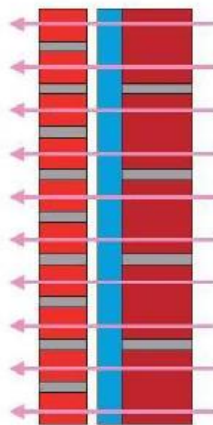


Figura 1. Dirección de flujo de calor unidimensional en cerramientos.

En el modelo bidimensional (Figura 2) el flujo de calor transcurrirá en dos direcciones.

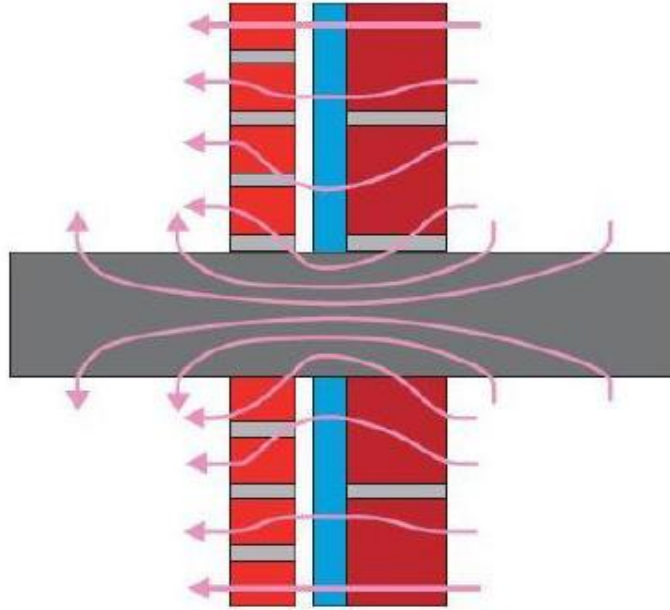


Figura 2. Dirección de flujo de calor bidimensional en cerramientos.

Por último en el modelo tridimensional (Figura 3) las líneas del flujo de calor pueden ir en cualquiera de las tres direcciones de los ejes principales, teniendo total libertad.

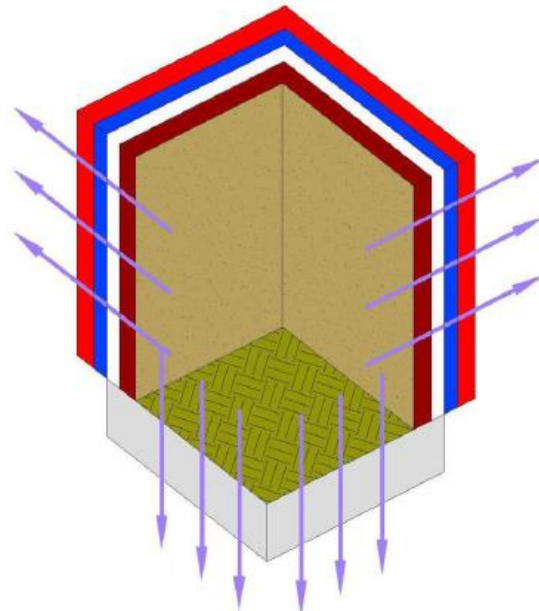


Figura 3. Dirección de flujo de calor tridimensional en cerramientos.

La transmitancia térmica (U) superficial de un elemento de construcción se define como, flujo de calor en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera, con unidades de $W / m^2 K$, según UNE EN ISO 9869:1994:

$$U = \frac{q}{(T_i - T_e)} = \frac{\Phi}{A \cdot (T_i - T_e)} = \frac{1}{R_T} \quad (\text{ec.3})$$

siendo:

U transmitancia térmica superficial del elemento constructivo [$W / m^2 K$].

$T_i - T_e$ diferencia de temperatura ambiental, interior y exterior [K].

R_T Resistencia térmica total del elemento constructivo [$m^2 K / W$].

La resistencia térmica de un elemento constructivo por capas térmicamente homogéneas perpendiculares al flujo de calor se determina mediante la siguiente expresión, según UNE EN ISO 9869:1994:

$$R = \frac{T_{si} - T_{se}}{q} = \frac{A \cdot (T_{si} - T_{se})}{\Phi} = \frac{1}{\Lambda} \quad (\text{ec.4})$$

siendo:

R resistencia térmica de un elemento constructivo [$m^2 K / W$].

Λ conductividad térmica [$W / m K$].

Esta resistencia térmica es la que se utilizará para el cálculo de resistencia térmica del cerramiento del Centro Tecnológico de la Construcción puesto que la conductividad térmica no se utiliza la de diseño, si no se calcula mediante el método de la media una vez obtenidos los resultados del análisis termoflujo métrico.

La resistencia térmica total R_T de un elemento constructivo por capas térmicamente homogéneas perpendiculares al flujo de calor se determina mediante la siguiente expresión, según UNE EN ISO 6946:2007 y UNE EN ISO 9869:1994:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_N + R_{se} \quad (\text{ec.5})$$

dónde:

R_{si} resistencia superficial interior [$m^2 K / W$].

R_1, R_2, \dots, R_N resistencias térmicas de diseño de cada capa [$m^2 K / W$].

R_{se} resistencia superficial exterior [$m^2 K / W$].

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la siguiente expresión, según UNE EN ISO 6946:2007:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (\text{ec.6})$$

siendo:

- e espesor de la capa [m].
- λ conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada según la Norma ISO 10456 u obtenida a partir de los valores tabulados [W / m K].

Esta resistencia de cada capa del elemento constructivo se calculará en base a su espesor y a la conductividad térmica de diseño del material que hallaremos de la normativa correspondiente que veremos más adelante.

5. METODOLOGÍA.

En este punto se va a tratar el plan establecido para llevar a cabo los diferentes objetivos principales marcados anteriormente. Se expondrá como llevar a cabo el planteamiento, mostrando los métodos de cálculo empleados, así como las aplicaciones a utilizar.

5.1. Introducción. El análisis termoflujométrico.

El análisis termoflujométrico es un ensayo no destructivo que consiste en la medición de temperaturas y el flujo de calor a través de un cerramiento con el fin de calcular su resistencia y transmitancia térmica (R, U).

Se trata de un ensayo realizado “in situ”, en el propio edificio, en el que mediante una sonda de flujo de calor, varias sondas de temperatura y una unidad de almacenamiento de datos, se mide el flujo de calor que está atravesando la pared.

Es un ensayo con una duración de varios días y que requiere mantener las condiciones del mismo lo más constantes posibles. Igualmente, requiere una buena selección del lugar de medida para que dichos valores no se vean alterados por la presencia de puentes térmicos (ventanas, pilares, radiadores, etc).

5.2. Equipo para la realización del análisis de termoflujometría.

Para realizar la determinación experimental de la resistencia y transmitancia térmica de los cerramientos y elementos utilizados en la edificación, se ha seguido la norma UNE EN ISO 9869:1994, Thermal insulation – Building elements – In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance.

El aparato medidor de la resistencia y transmitancia térmica de los cerramientos y accesorios es el siguiente:



Figura 4. Equipo para la realización de la prueba de termoflujometría.

5.2.1. Unidad de análisis y almacenamiento de datos (data-logger).

Para el presente trabajo se utiliza el registrador de datos ALMEMO 2890-9 de la casa AHLBORN. Se trata de un instrumento que proporciona importantes ventajas con respecto a la conexión de sensores y periféricos.

Es un sistema para medir y registrar todos los parámetros físicos de elementos constructivos de edificios existentes, por ejemplo paredes, etc, con el fin de calcular su transmitancia térmica (U) y otros coeficientes de energía térmica pertinentes.

En Anexo se muestra el manual del aparato ALMEMO 2890-9, donde se puede encontrar como funciona así como sus especificaciones técnicas, etc.

5.2.2. Sondas de temperatura superficial.

Los sensores de temperatura son transductores que dan una señal eléctrica en función de su temperatura.

Los sensores de temperatura superficial son adecuados para medir la resistencia térmica y conductividad térmica. Se trata de una lámina delgada colocada en la parte interior del edificio que mide la temperatura superficial interior de este y un termómetro plano situado en la fachada del edificio, mide la temperatura superficial exterior. En las siguientes figuras 5 y 6 se muestra la colocación de dichos sensores de temperatura:



Figura 5. Sensor de temperatura superficial interior.



Figura 6. Sensor de temperatura superficial exterior.

5.2.3. Sondas de temperatura ambiental.

Los sensores de temperatura ambiental son adecuados para medir la transmitancia térmica. Estos sensores son ventilados y están protegidos contra la radiación solar y térmica. Al igual que las sondas de temperatura superficial, se necesitan dos sondas de temperatura ambiental, una interior y otra exterior del edificio.

5.2.4. Sonda de flujo térmico (HFM, Heat Flow Meter).

Se trata de una placa que realiza medidas de acuerdo con la norma ISO 9869. El HFM es un transductor que da una señal eléctrica y es una función directamente proporcional al flujo de calor transmitido en su interior.

El HFM es una placa fina, térmicamente resistente con sensores de temperatura dispuestos de tal forma que la señal eléctrica dada por los sensores está directamente relacionada con el flujo de calor a través de la placa.

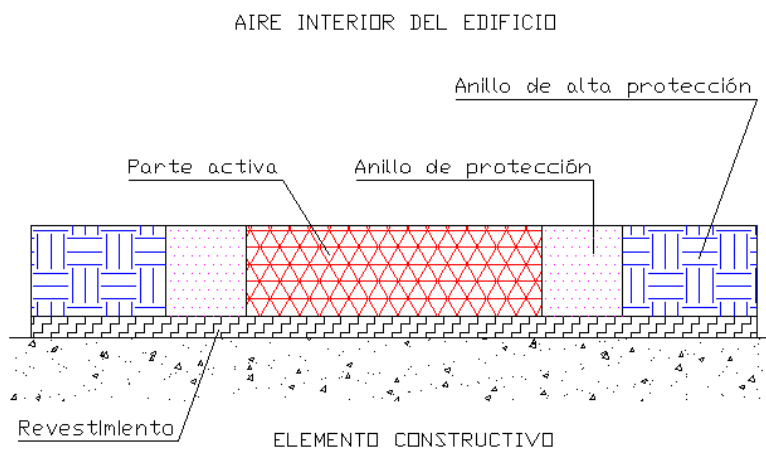


Figura 7. Sección de una placa, HFM.

La temperatura de la placa de nivelación (HFM) se utiliza a veces para mejorar o simplificar las medidas, pero la placa debe de estar dispuesta de tal manera que los resultados no dependan de los puentes térmicos del elemento que se está midiendo.

Las propiedades esenciales de la HFM son que debe tener una baja resistencia térmica con el fin de reducir al mínimo la perturbación causada por el HMF que veremos más adelante, y una sensibilidad suficientemente alta como para dar una señal suficientemente grande para la tasa de flujo de calor más baja.

Hay que tener en cuenta la dependencia de la señal eléctrica de la conductividad térmica del material en el que está instalado el HFM; la temperatura de la HFM y otras propiedades físicas tales como tensiones, radiación electromagnética, etc.

5.3. Análisis termoflujométrico. Procedimiento.

Para realizar el análisis termoflujométrico hay que tener en cuenta las siguientes fases:

0. Consideraciones previas.

Para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica, se elegirán el o los cerramientos en función del resultado de una termografía previa (ISO 6781). Los criterios de elección podrán ser.

- Un cerramiento defectuoso o en el que se haya apreciado alguna anomalía.
- Un cerramiento correcto, sin ninguna discontinuidad.

El cerramiento a elegir se procurará que tenga una orientación con la mayor componente Norte o Este posible. En todo caso, se ha de evitar que el cerramiento esté sometido a radiación solar directa, por ello la zona donde se sitúan los sensores exteriores es protegida de la lluvia, la nieve y la radiación solar directa. Igualmente, los sensores deben de estar lo más alejados posible de puentes térmicos, grietas o fuentes de calor o radiación (radiadores, fancholis, electrodomésticos, etc.).

Las condiciones de trabajo ideales son las correspondientes a días fríos, con cielo cubierto, y humedad relativa y velocidad de viento bajas.

1. Programación previa del equipo.

El equipo actual de medida (ALMEMO 2890-9) dispone de conectores inteligentes que llevan definidos el tipo de sonda a la cual están conectados. De este modo, al conectar la sonda al equipo de medida se le indica inmediatamente el tipo de sonda conectada, sin necesidad de seleccionar rangos, dimensiones y demás parámetros.

En primer lugar se definirá el período de medición. Se programará la fecha actual, la fecha de inicio y la fecha de finalización. Se actúa de forma similar con la hora.

Situando el selector en OUTPUT CYCLE se selecciona el modo de grabación y el período entre mediciones, en nuestro caso se recogen datos cada 10 minutos.

2. Instalación del equipo.

El equipo necesita alimentación eléctrica a 220V. Para ello se conecta el cable de alimentación a la parte posterior del equipo.

Si el suministro de energía eléctrica fallara el equipo dispone de una batería especial interna de alimentación, la cual posibilita seguir midiendo durante varias horas.

Para la conexión de las sondas se emplea la batería de entradas que dispone el equipo por su parte trasera. Las entradas están numeradas de M0 a M8. Cada canal es de doble entrada, es decir, alguna sonda puede tener la posibilidad de medir dos parámetros al mismo tiempo.

La instalación se realiza según se muestra en la figura 8.

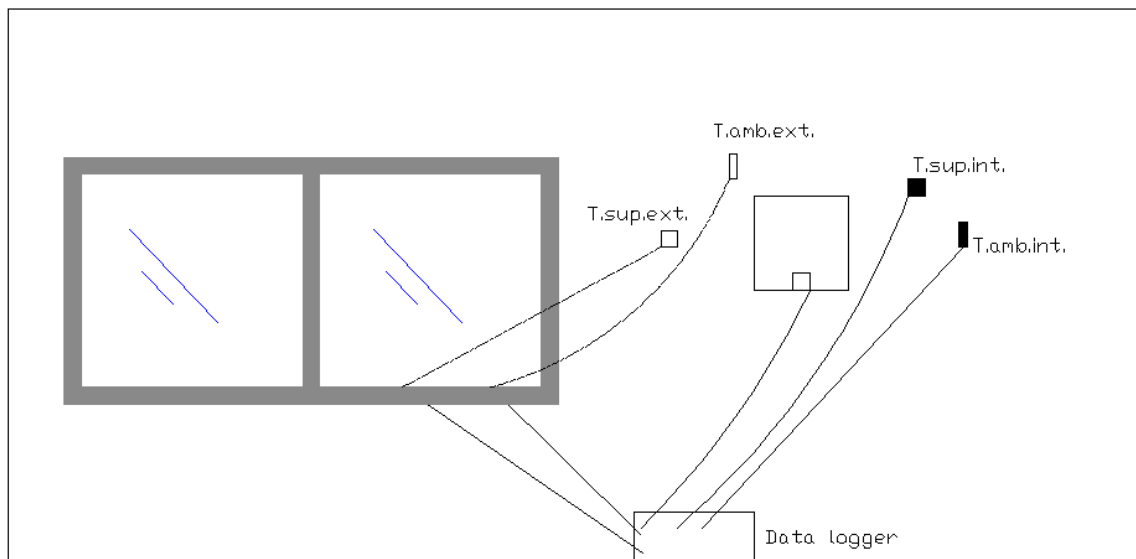


Figura 8. Configuración para el ensayo en un cerramiento de fachada.

Para poder colocar las sondas exteriores, es preciso realizar el ensayo en una zona del cerramiento junto a una ventana o puerta exterior, pero ubicando las sondas lo más alejadas posible de la ventana, con el fin de evitar perturbaciones en la medición.

A la hora de realizar la instalación, primeramente se coloca la placa de flujo térmico (HFM), aproximadamente a 1,50 metros del suelo, por la cara interior del cerramiento. La placa se sujeta por sus bordes mediante cinta de pintor. Si la pared fuera rugosa se utilizará pasta dentífrica para evitar en lo posible huecos de aire entre la placa y la cara interna de la pared. Toda el área de la placa debe estar en contacto directo con la superficie del cerramiento.

A continuación se colocan las sondas de temperatura ambiente y superficial interiores, próximas a la placa, pero no sobre ésta. Se procurará que la sonda de temperatura ambiente esté alejada unos centímetros de la pared, fuera de la zona de película. Para sujetar las sondas también se emplea la cinta de pintor.

Seguidamente se coloca las sondas de temperatura ambiente y superficial exteriores, procurando que estén en la zona opuesta al de la placa pero sin superponerse. Estas sondas se sujetan de forma similar a las anteriores. Para colocar las sondas exteriores se pasan los cables a

través de la ventana, por los puntos en que se encuentren menos forzados al cerrar la ventana. La ventana se cierra herméticamente.

Las sondas de temperatura superficial deben tener un buen contacto térmico con el cerramiento y colocadas a 0,1 metros de los hilos conductores.

Para obtener resultados precisos, se recomienda que los sensores de temperatura superficial y la placa (HFM) tengan el mismo color y la misma emisividad con el elemento constructivo. Este punto es particularmente importante para los sensores expuestos a la luz solar.

La duración mínima del ensayo es de 72 horas (3 días) si la temperatura es estable en la zona donde está colocada la placa. De lo contrario, esta duración puede ser más de 7 días. Se recomienda que las grabaciones se hagan a intervalos de tiempo fijos.

El intervalo de grabación depende del método utilizado para el análisis. Para el método de la media el intervalo de grabación es de 5 minutos a 1 hora.

3. Recogida del equipo y extracción de datos.

Los datos de la placa (HFM) y los sensores de temperatura se registran de forma continua o en intervalos fijos durante un período de días completos, el periodo máximo de tiempo entre dos registros y la duración mínima del ensayo depende de:

- La naturaleza del cerramiento (pesado, ligero).
- Temperatura interior y exterior.
- El método utilizado para el análisis.

Una vez transcurrido el periodo de mediciones se recoge el equipo y se procede a la extracción de datos. Para ello, se instala el cable de conexión RS 232 al ordenador, se enciende el equipo ALMEMO 2890-9 y se entra en un programa informático de extracción de datos, en nuestro caso se ha utilizado AMR Control 5.15.



Figura 9. Programa informático AMR- Control 5.15.

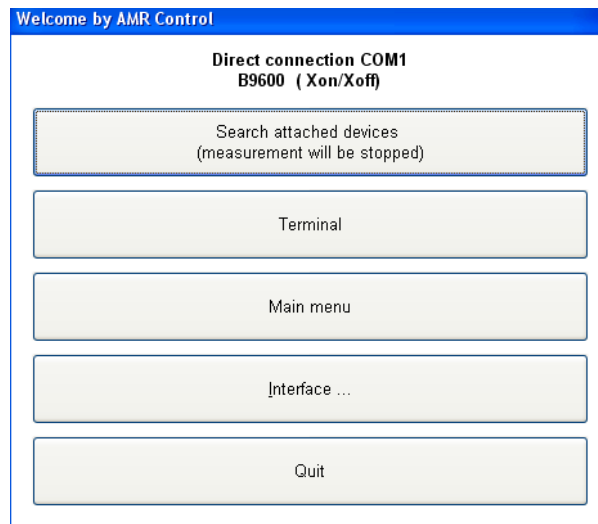


Figura 10. Menú principal de AMR Control 5.15.

Según la figura 10, se pulsa Main menú. A continuación se selecciona la pestaña devices y finalmente se pulsa data memory.

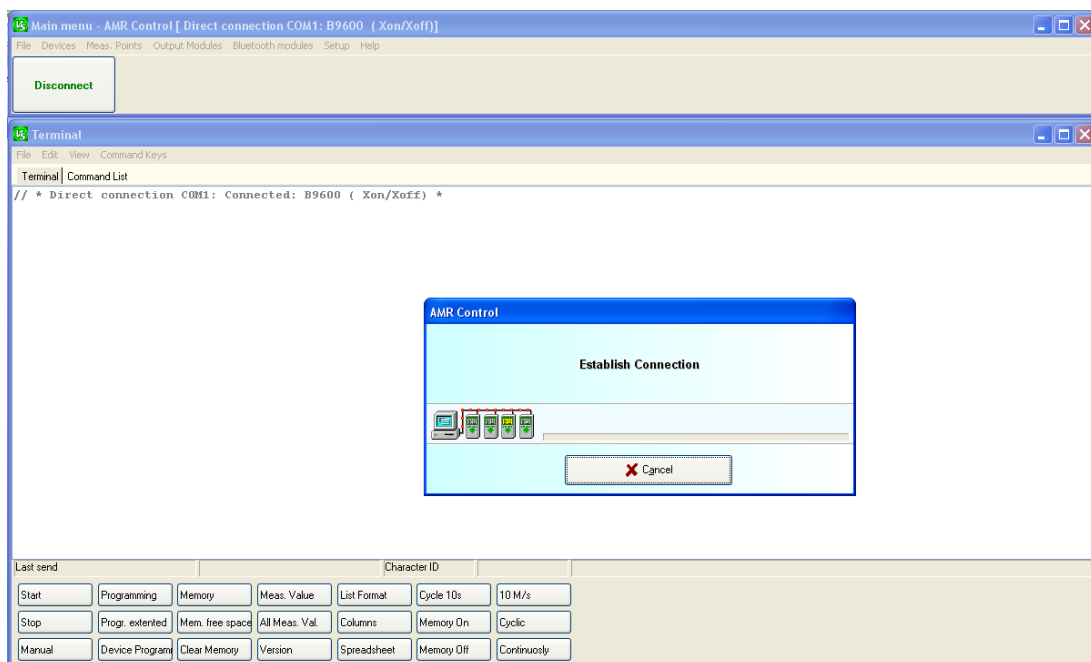


Figura 11. Extracción de datos del equipo ALMEMO 2890-9.

Los valores obtenidos se introducen directamente en una hoja de cálculo EXCEL.

4. Procesamiento de datos mediante hoja de cálculo.

Existe un libro ya preparado a modo de plantilla con el que se realizará el análisis de los datos extraídos. Este libro EXCEL contiene el procedimiento matemático que sigue la norma ISO 9869 Thermal insulation – Building elements – In situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance, que analizaremos más adelante.

En este libro EXCEL se copia los valores de los diferentes parámetros físicos medidos en las columnas coloradas de amarillo claro de la hoja valores medidos: flujo de calor,

temperatura ambiente interior, temperatura superficial interior, temperatura superficial exterior y temperatura ambiente exterior. Automáticamente, la hoja de cálculo realiza las operaciones pertinentes y ofrecerá el resultado de la resistencia y transmitancia térmica en la hoja de resultados.

En la misma hoja de resultados se puede introducir capa a capa la composición teórica del cerramiento para poder comparar los resultados teóricos de la transmitancia térmica con los experimentales. Si hiciera falta tener en cuenta los fenómenos de acumulación de calor en el cerramiento, la propia hoja resultados tiene posibilidad de definir los otros parámetros físicos necesarios, esto es, densidad y capacidad calorífica específica, según se establece en la misma norma ISO 9869.

5.4. Análisis de los datos.

5.4.1. Transferencia de calor y medición de U.

El calor se transfiere a través de un elemento de construcción tanto por intercambio de radiación entre la superficie del elemento y otras superficies, y por transferencia de calor por convección en la superficie del elemento.

La tasa de transferencia de calor radiante depende de las temperaturas y emisividades de la superficie en cuestión y sobre otras superficies pertinentes, así como los factores de las superficies.

La tasa de transferencia de calor por convección depende de varios factores tales como la temperatura del aire adyacente, rugosidad de la superficie y la velocidad del aire.

El flujo de calor a través del elemento está por lo tanto influenciada tanto por el radiante y las temperaturas del aire a cada lado de ella.

Cuando la temperatura radiante puede ser definida, la ecuación de balance de calor es:

$$q = E \cdot h_r \cdot (T'_r - T_s) + h_c \cdot (T_a - T_s) \quad (\text{ec. 7})$$

dónde:

q densidad de la tasa de flujo de calor en la superficie [W/m²].

T'_r temperatura radiante media adyacente a la superficie [°C o K].

T_a temperatura del aire adyacente a la superficie [°C o K].

T_s temperatura de la superficie [°C o K].

E emitancia [sin dimensiones].

h_r coeficiente de transferencia de radiación [W/(m²·K)].

h_c coeficiente de transferencia por convección [W/(m²·K)].

Esta ecuación es válida para el flujo de calor en o fuera de una superficie a condición de que el signo de q se tome como positivo si el flujo de calor es en la superficie (es decir, positivo en el lado caliente del elemento, negativo en el lado frío).

h_r es aproximadamente $4 \cdot \sigma \cdot T_m^3$, cuando σ es la constante de Stefan-Boltzmann. $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} [W/(m^2 \cdot K^4)]$ y $T_m = 1/2 \cdot (T_r' + T_s)$ expresada en grados Kelvin.

Si la temperatura ambiente T_{amb} se define de tal manera que:

$$q = \frac{T_{amb} - T_s}{R_s} \quad (\text{ec.8})$$

donde R_s es la resistencia de la superficie, esto es equivalente a la ecuación 7 con:

$$T_{amb} = \frac{E \cdot h_r}{E \cdot h_r + h_c} \cdot T_r' + \frac{h_c}{E \cdot h_r + h_c} \cdot T_a \quad (\text{ec.9})$$

y

$$R_s = \frac{1}{E \cdot h_r + h_c} \quad (\text{ec.10})$$

La ecuación 9, por tanto, define la temperatura ambiente que indica correctamente el flujo de calor a la superficie. No obstante, existen las siguientes dificultades:

- a) T_{amb} no es observable directamente.
- b) T_{amb} no es constante a lo largo del elemento.

La temperatura ambiente que se define por la ecuación 9 es una temperatura nocional y no se puede medir directamente. Podría ser calculada utilizando la ecuación 9 si se conocen todos los datos, pero en la práctica el único dato que se puede determinar con cualquier es h_r .

El valor asumido habitual es 3,0 W/(m²·K) para la convección en las superficies verticales, pero un valor diferente, se puede dar cerca de calentadores o en las proximidades de las ventanas donde la superficie no es plana. También está la cuestión de dónde debe medirse T_a .

Es complicado ver los vactores en la función de la emisividad, E, aunque en muchos casos prácticos se supone un valor de 0,9 W/(m²·K). T_r' .

Incluso si T_{amb} se puede definir en un punto, por ejemplo, adyacente a la posición de prueba en el elemento que se está midiendo, está claro que no será constante en todo el elemento. Una habitación climatizada por lo general tendrá un gradiente de temperatura vertical, de modo que T_a varía con la altura, y diferentes puntos en el elemento de prueba tendrá diferentes factores de para las diversas superficies de radiación, de manera que T_r , normalmente

no será constante a lo largo de todo el elemento de prueba. Como se indicó anteriormente, h_c y $E \cdot h_r$, a menudo variará con la posición.

Varias temperaturas diferentes se utilizan para la definición del valor de la transmitancia:

- a) temperatura del aire.
- b) resultante de temperatura, que es el promedio de la temperatura radiante media y la temperatura del aire. Tener en cuenta que esta temperatura radiante no es T_r , como se define anteriormente, ya que incluye todas las superficies.
- c) temperatura ambiental. Este es el más cercano a T_{amb} , pero está sujeto a las dificultades de medición mencionados anteriormente, y generalmente se define en términos de la temperatura radiante media.

Como resultado, el valor de U obtenido in situ no es el valor apropiado para su uso en cálculos de pérdida de calor si existen diferentes temperaturas.

Si, durante la medición, $T_a \approx T_r$, T_{amb} es insensible a los valores de la $E \cdot h_r$ y h_c , y la temperatura del aire es una aproximación razonable. Sin embargo, un problema es que la resistencia superficial es $(E \cdot h_r + h_c)^{-1}$. Esta cantidad puede variar sobre la zona del elemento de prueba. Esto significa que:

- a) el valor U, tal como se mide, variará a lo largo de la zona del elemento de prueba, a pesar de que el elemento es uniforme, es decir, tiene un valor R constante;
- b) el valor U medido es dependiente de las condiciones de medición y no es una función del propio elemento.

En la ausencia de radiación solar, se puede aplicar una teoría similar a las superficies exteriores. Por lo general, a causa de la velocidad del viento, h_c es mucho mayor que $E \cdot h_r$, de manera que la temperatura del aire se puede utilizar bajo condiciones de cielo cubierto.

En condiciones de cielo despejado, la temperatura radiante efectiva puede ser mucho más baja que la temperatura del aire.

La radiación solar sobre una superficie no es detectada por un sensor de temperatura del aire, y esto puede causar errores muy grandes en las mediciones de valor U.

Ambos problemas (de baja temperatura radiante y la radiación solar) se puede evitar cubriendo la superficie exterior.

La medición de la temperatura de la superficie también es peligrosa cuando hay radiación solar significativa sobre una superficie, el sensor de temperatura debe tener una emisividad similar a la de la superficie, tanto para la radiación solar y como para la radiación térmica de onda larga.

5.4.2. Método de la media.

Según la Norma ISO 9869 se pueden utilizar dos métodos para el análisis de los datos extraídos del aparato ALMEMO 2890-9, el método de la media y el método dinámico. Para el presente estudio se utilizará el método de la media.

El método de la media asume que la conductancia o transmitancia térmica se puede obtener dividiendo la densidad de la tasa de flujo de calor por la diferencia de temperatura media. La resistencia térmica se obtiene a partir de:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{si,j} - T_{se,j})}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad (\text{ec.11})$$

La conductancia térmica, Λ , se obtiene:

$$\Lambda = \frac{\sum_{j=1}^n q_j}{\sum_{j=1}^n (T_{i,j} - T_{e,j})} \quad (\text{ec.12})$$

Y la transmitancia térmica, U , es:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n q_j}{\sum_{j=1}^n (T_{i,j} - T_{e,j})} \quad (\text{ec.13})$$

Después de realizar las mediciones pertinentes, se realiza el cálculo de los parámetros descritos anteriormente (ecuaciones 11, 12 y 13). Estos valores obtenidos serán reales si se cumplen las siguientes condiciones:

- a) El contenido de calor del elemento constructivo es el mismo al comienzo y final de la medición (mismas temperaturas y misma distribución de la humedad).
- b) Las sondas exteriores no están expuestas a radiación solar directa. Se obtienen resultados falsos si hay radiación solar en la superficie exterior del cerramiento. Para el cálculo de los valores de la resistencia térmica (R) y conductividad térmica (Λ), la emisividad de la superficie de los sensores de temperatura exteriores será diferente a la de la superficie no perturbada, es decir, a la emisividad de la superficie de los sensores de temperatura interiores, dando así lecturas falsas. Para la medición de la transmitancia térmica (U) la temperatura ambiente externa no tiene en cuenta el flujo solar en la superficie exterior del elemento constructivo.
- c) La conductancia térmica del elemento constructivo es constante durante el ensayo.

Si no se cumplen estas tres condiciones se obtendrán resultados erróneos.

En los elementos que no se puede evitar la radiación solar directa y que tienen una capacidad de calor específico por unidad de superficie de menos de $20 \text{ kJ/m}^2\text{K}$, es recomendable realizar el análisis de los datos recogidos durante la noche para evitar los efectos de la radiación solar. La prueba puede detenerse cuando los resultados, después de tres noches, no difieren en $\pm 5\%$. De lo contrario se continuará con la medición.

Para los elementos constructivos pesados, que tienen una capacidad de calor específico por unidad de superficie de más de $20 \text{ kJ/m}^2\text{K}$, el análisis se lleva a cabo durante un período múltiplo entero de 24 horas. El ensayo se terminará cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- La duración de la prueba es superior a 72 horas.
- El valor de la resistencia térmica obtenido al final de la prueba no se desvía de ± 5 del valor obtenido antes de 24 horas.
- El valor de la resistencia térmica obtenido mediante el análisis de los datos durante el INT ($2 \cdot D_T / 3$).d no se desvía de ± 5 a partir de valores obtenidos de los datos. (D_T es la duración de la prueba en días e INT es la parte entera).
- Si el cambio de calor almacenado en la pared es más del 5% del calor que pasa a través de la pared durante el período de prueba, tendremos que tener en cuenta los efectos de almacenamiento que se describen a continuación o realizar el análisis de los datos por el método de dinámico.

5.4.3. Efectos de almacenamiento de calor.

El siguiente procedimiento es aplicable para estructuras de valores altos de resistencia y de alta masa térmica, es decir, cuando se cumplan los criterios del punto 5.4.2.

El uso de este procedimiento, corrección de frecuencia, permite un tiempo de medición más corto de lo que sería necesario. El procedimiento implica:

- El cálculo de los factores de masa térmica interna y externa (F_i y F_e , respectivamente).
- Corrección del flujo de calor.

El método de la media supone que todo el flujo de calor pasa a través del elemento constructivo siempre que el perfil de temperatura es el mismo al comienzo y final de la prueba.

El efecto de almacenamiento térmico se reduce con un periodo de prueba múltiplo entero de 24 horas, ya que la temperatura externa es cíclica con una periodicidad de 24 horas y la temperatura interna presenta un ciclo parecido. Estos ciclos dan lugar a efectos de almacenamiento de calor transitorio con el resultado de que $\sum (T_i - T_e) / \sum q$ tiene la misma periodicidad. Cuando los ciclos de temperatura internas y externas varían aproximadamente el mismo valor medio cada día, la relación $\sigma \cdot (T_i - T_e) / \sum q$ converge hacia el verdadero valor de resistencia térmica.

Para el análisis de los datos es conveniente separar el efecto de los cambios de temperatura en dos componentes:

- El debido a la temperatura interna y externa cíclica, y
- El debido a los cambios en el valor de la media diaria de temperaturas.

El componente cíclico causa una oscilación en $\sum (T_i - T_e) / \sum q$, pero estas oscilaciones son amortiguadas y la prueba se puede continuar hasta que son relativamente pequeños.

Este análisis asume que el perfil de temperatura, en el inicio y al final del período del ensayo, corresponde a la de condiciones de estado estacionario, según se puede observar en la figura 12, la línea a.

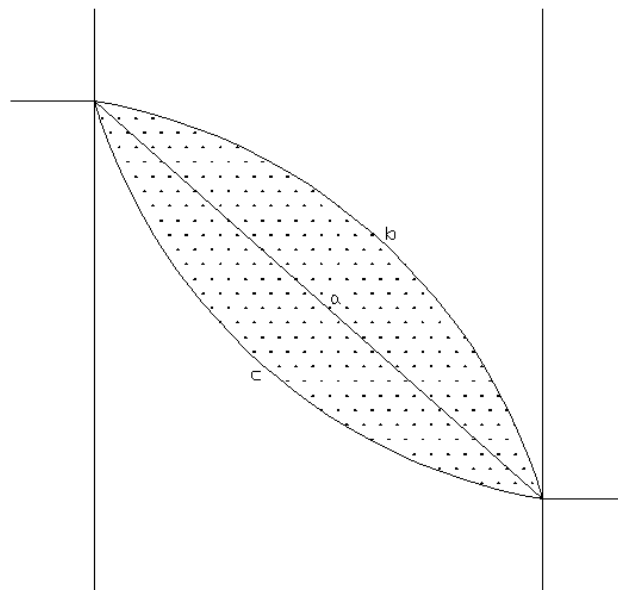


Figura 12. Perfil de temperatura a través de un elemento constructivo (línea a representa la condición de estado estacionario).

Sin embargo, ya que solo se miden las temperaturas interna y externa, el perfil podría ser las líneas b o c. Esto significa que las observaciones de la variación de las temperaturas medias internas o externas no son suficientes para determinar el cambio en el almacenamiento de calor.

Por lo tanto, sí, por ejemplo, b se da al comienzo de la prueba y c al final, la diferencia representada por el área sombreada de la figura 12, es un cambio en el almacenamiento de calor del elemento que no es permitido en los factores de corrección que se verán más adelante. Sin embargo es posible tratar los datos para este efecto particular: los datos obtenidos de las primeras horas se desechan y se analizan el resto, que estos tiene que ser recogidos más de un número entero de días, para ver si esto afecta el resultado.

El método de corrección también se basa en estimaciones razonables de la masa térmica de las diversas capas de la estructura.

Cálculo de los factores de masa térmica.

Los factores se pueden obtener para una estructura que consiste en N capas planas paralelas, numeradas de 1 a N con la capa 1 en la superficie interior.

Para cada capa k, hay que estimar su resistencia térmica R_k en m²K/W (espesor dividido por la conductividad térmica) y su capacidad térmica C_k en J/m²K (producto de la capacidad calorífica específica en J/kg K, la densidad en kg/m³ y el espesor del componente en metros). El total de la resistencia térmica de la pared es la suma de todos los R_{k_s} .

Luego, para cada capa k, la resistencia térmica interior y exterior es:

$$R_{ik} = \sum_{j=1}^{k-1} R_j \qquad R_{ek} = \sum_{j=k+1}^N R_j \qquad (\text{ec.14})$$

Y los factores:

$$F_{ek} = C_k \cdot \left[\frac{R_k}{R} \left\{ \frac{1}{6} + \frac{R_{ik} + R_{ek}}{3R} \right\} + \frac{R_{ik} \cdot R_{ek}}{R^2} \right]$$

$$F_{ik} = C_k \cdot \left[\frac{R_{ek}}{R} + \frac{R_k^2}{3R^2} - \frac{R_{ik} \cdot R_{ek}}{R^2} \right] \qquad (\text{ec.15})$$

Hay que tener en cuenta:

- Para la capa interior ($j = k = 1$), $R_{ik} = 0$; para la capa exterior ($j = k = N$), $R_{ek} = 0$.
- Cuando se mide la transmitancia térmica, la resistencia de la superficie debe tenerse en cuenta de manera que las temperaturas medidas son la temperatura ambiente en lugar de las temperaturas de la superficie.

añadir R_{si} para cada valor de R_{ik}

añadir R_{se} para cada valor de R_{ek}

añadir $R_{si} + R_{se}$ a la resistencia total.

Los factores de masa térmica para la estructura entonces son:

$$F_i = \sum_{k=1}^N F_{ik} \qquad F_e = \sum_{k=1}^N F_{ek} \qquad (\text{ec.16})$$

Corrección del flujo de calor.

A los datos obtenidos en las primeras 24 horas no se le aplica ninguna corrección. A partir de ahí aplicamos entonces $\sum q_j$ en las ecuaciones 11, 12 y 13. Se sustituye por:

$$\sum q_j - \frac{(F_i \delta T_i + F_e \delta T_e)}{\Delta t} \qquad (\text{ec.17})$$

dónde:

Δt : es el intervalo entre lecturas, en segundos.

δT_i : es la diferencia entre la temperatura promedio interna sobre las 24 h antes de la j lectura y la temperatura promedio interna como promedio durante las primeras 24 horas del período de análisis.

δT_e : es la diferencia entre la temperatura promedio externa sobre las 24 h antes de la lectura j y la temperatura promedio externa como promedio durante las primeras 24 horas del período de análisis.

Interpretación de los resultados.

Al final de la medición se toman los valores corregidos del valor de la resistencia, transmitancia y conductividad térmica de la estructura a condición de que se cumpla las siguientes condiciones:

- a) El período de análisis no es menos de 96 horas (aproximadamente 4 días).
- b) El periodo de análisis es un múltiplo entero de 24 horas.
- c) El valor de la resistencia obtenido es igual al valor de la resistencia utilizada para obtener los factores de corrección y dentro de un 5%.
- d) Los valores corregidos al final de la prueba, 24 horas antes de la prueba y 48 horas antes de la prueba son todos del 5%.
- e) Se obtienen los mismos resultados del 5% si se descartan los valores tomados las primeras 12 horas de la prueba.

Si la condición c no se cumple, habrá que revisar la resistencia térmica de cada capa de la estructura volviendo a analizar los datos y obteniendo nuevos factores de corrección.

Si las condiciones d o e no se cumplen, deben descartarse los datos obtenidos las primeras horas de medición y el resto de datos tienen que examinarse según los cinco puntos anteriores. Esto será posible si la medición se ha realizado durante más de 4 días.

Si no se cumplen las condiciones anteriores, el resultado de la prueba está sujeto a una banda de incertidumbre mayor.

Cuando se desconoce la composición de la estructura, se puede hacer una estimación de su masa térmica, esto ayudará a la interpretación de resultados de los factores de corrección para una estructura de capa única. Estos son:

$$F_i = \frac{C}{3} \quad \text{y} \quad F_e = \frac{C}{6} \quad (\text{ec.18})$$

Donde C es el producto del calor específico (aproximadamente 1000 J/kg K para la mayoría de los materiales), la densidad y el grosor del elemento. Si el elemento constructivo contiene una capa de aislamiento el uso de estos factores no dará un resultado válido.

5.4.4. Comparación de los valores medidos y calculados.

Se puede medir los valores de la resistencia y transmitancia térmica del elemento constructivo basándose en la norma ISO 6946-1 para comparar con los valores obtenidos según el método de la media.

Las diferencias significativas ($> 20\%$) entre el valor calculado (ISO 6946-1) y la medición de la resistencia y transmitancia térmica (ISO 9869) son debidas a los siguientes factores:

- Los valores asumidos por la conductividad térmica no son los verdaderos valores. Esto puede deberse a una incorrecta identificación de los materiales, sobre todo los más aislantes, de las diferencias entre las propiedades reales del material y de los valores asumidos, o de los efectos de humedad.
- Los valores asumidos por las resistencias superficiales no son los verdaderos valores. Este error es debido por el mal aislamiento de los elementos constructivos.
- Los espesores exactos de las capas, especialmente las capas hechas de materiales aislantes, no han sido medidas correctamente.
- Las mediciones de los valores de la resistencia y transmitancia térmica no se han realizado correctamente o se ha realizado bajo condiciones térmicas pobres.
- El estudio del elemento y los valores de la resistencia y transmitancia térmica no es el mismo para elementos no homogéneos.
- Existencia de flujos de aire convectivos en el elemento constructivo que influyen en los valores de la resistencia y transmitancia térmica pero no se tuvieron en cuenta en el cálculo de valor teórico.
- Existencia de cambios de fase, como la congelación, descongelación, condensación o evaporación de agua o humedad.
- Las temperaturas ambientales utilizadas para el cálculo de la transmitancia térmica no son los reales.

5.4.5. Perturbaciones causadas por la HFM.

El HFM mide la transferencia de calor a través del elemento. Las líneas de flujo de calor a través del elemento constructivo pueden ser no paralelas produciéndose así perturbaciones en los resultados. A continuación se muestra las perturbaciones que se pueden dar en el momento de la toma de datos:

- Perturbación unidimensional.
- Perturbación bidimensional y tridimensional.

La perturbación unidimensional se da si las líneas de flujo de calor son rectas y perpendiculares a la HFM durante la medición, la única perturbación es causada por la resistencia de la HFM, lo que disminuye la tasa de flujo de calor bajo condiciones de temperatura dadas.

En este caso, la diferencia de temperatura medida a partir de un entorno a otro está dado por:

$$\delta \cdot T = R_T \cdot q' = (R_T + R') \cdot q \quad (\text{ec.19})$$

dónde:

R_T Resistencia térmica total del elemento.

R' Resistencia de la HFM.

q' Densidad de la tasa de flujo de calor a través del elemento sin HFM.

q Densidad de la tasa de flujo de calor a través del elemento con HFM.

$\delta \cdot T$ Diferencia de temperatura entre las superficies.

De la ecuación anterior (ec.19) la resistencia térmica total o la transmitancia térmica se obtiene:

$$R_T = \frac{\delta \cdot T}{q} - R' \quad \text{y} \quad U = \frac{q}{\delta \cdot T - R' \cdot q} \quad (\text{ec.20})$$

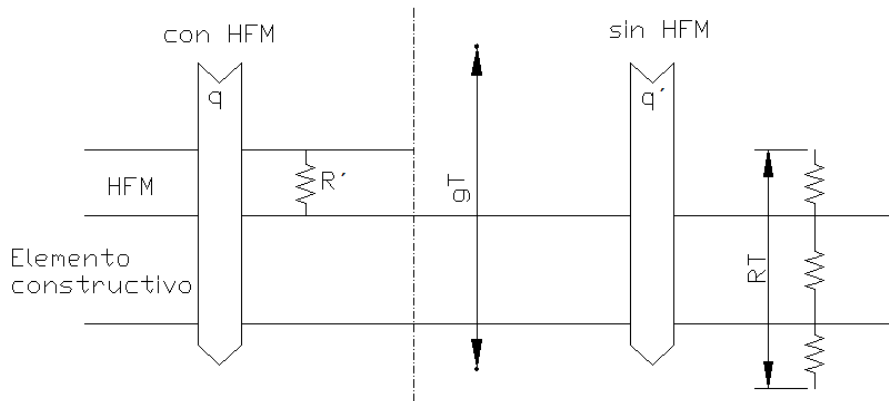


Figura 13. Descripción de los parámetros utilizados en las ecuaciones 19 y 20.

En el caso de la resistencia térmica se deben estudiar dos casos:

- a) Si la medición de temperaturas superficiales se toma bajo el HFM, el valor de la resistencia viene dado por la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\delta \cdot T}{q'} = \frac{\delta \cdot T'}{q} \quad (\text{ec.21})$$

En este caso el valor medido es el real y no es necesaria ninguna corrección.

- b) Si la medición de temperaturas superficiales se toma junto a la HFM, q se obtiene $\delta \cdot T$, que no están directamente relacionados con R . Para encontrar la relación, se puede escribir la relación de los flujos de calor, suponiendo que la temperatura ambiental y la resistencia de la superficie, R'' , son la misma con y sin el HFM:

$$\frac{q'}{q} = \frac{R + R' + R''}{R + R''} \quad (\text{ec.22})$$

La combinación de la ecuación 21 y la ecuación 22, eliminamos q' para obtener:

$$R^2 + R \cdot \left(R'' + R' - \frac{\delta \cdot T}{q} \right) - R'' \cdot \frac{\delta \cdot T}{q} = 0 \quad (\text{ec.23})$$

Desde la que R se puede obtener fácilmente. Una relación más simple se puede derivar si se supone que el valor real de R es próximo a la relación de las cantidades de $\delta \cdot T / q$. En este caso, la ecuación 23 es:

$$R^2 + R \cdot \left(R' - \frac{\delta \cdot T}{q} \right) - R'' \cdot \left(R - \frac{\delta \cdot T}{q} \right) = 0 \quad (\text{ec.24})$$

Despreciando el último término, se obtiene simplemente:

$$R = \frac{\delta \cdot T}{q} - R' \quad (\text{ec.25})$$

Lo que significa que la resistencia real del elemento es la resistencia aparente menos la resistencia de la HFM.

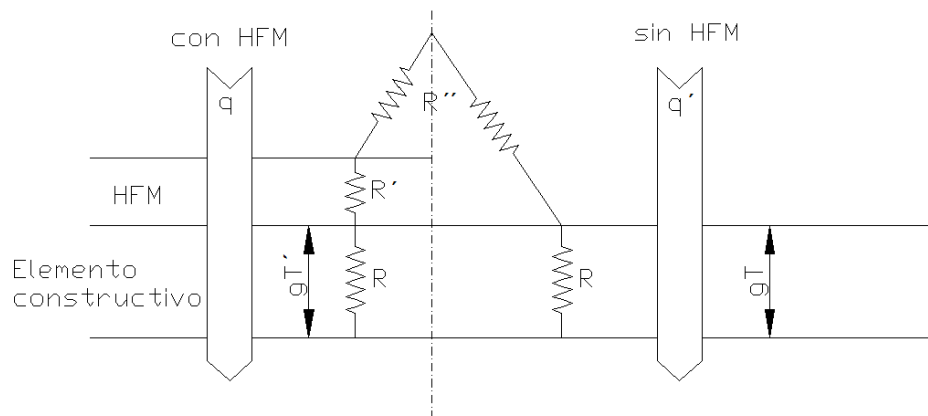


Figura 14. Descripción de los parámetros utilizados en las ecuaciones de la 21 a la 25.

Respecto a la perturbación en dos y tres dimensiones, en la práctica, el flujo de calor no es homogéneo y tiene unas dimensiones infinitas. Las líneas de flujo de calor no son entonces rectas y perpendiculares a la HFM durante la medición, si no, son curvadas, por lo tanto las diferencias de temperatura no están relacionadas con el valor de la resistencia y transmitancia térmica a través de las ecuaciones 20 o 25.

A continuación se muestra los efectos restantes de la HFM:

- Efectos restantes cuando el HFM está protegido.
- Efectos restantes cuando el HFM es homogénea.

En el primer caso, efectos restantes cuando el HFM está protegido, la conductividad térmica del material en el que está instalado el HFM puede influir en la distribución de

temperatura en el HFM o, en otras palabras, puede cambiar el coeficiente de calibración. Esto ocurre cuando el flujo de calor se mide con una termopila que es mucho más térmicamente conductivo que el material del elemento constructivo y cuando las partes de detección de la termopila están demasiado cerca de la superficie de la HFM.

Este efecto se puede evitar mediante la construcción adecuada de la HFM y calibrando el HFM en varios materiales. El factor de calibración correcto se utilizará entonces para cada material subyacente.

En el segundo caso, efectos restantes cuando el HFM es homogéneo, que se describen en el punto 5.4.7, el factor de error o corrección es:

$$e = \frac{(q - q')}{q'} \quad (\text{ec.26})$$

Puede calcularse utilizando la ecuación del calor en estado estacionario:

$$\vec{V}^2(T) = 0 \quad (\text{ec.27})$$

dónde:

T temperatura

\vec{V}^2 operador laplaciano.

La temperatura en cualquier ubicación de la HFM y el material subyacente del elemento se puede obtener si se definen las condiciones de contorno. Estas condiciones son las temperaturas del aire en interiores y el aire libre y los coeficientes de transferencia de la superficie. La solución se obtiene por el elemento finito o el método de diferencias finitas.

La densidad de la tasa de flujo de calor, q' , se calcula en condiciones de flujo de una sola dimensión. La densidad de la tasa de flujo de calor, q , se obtiene por la división de la diferencia media de temperaturas entre ambas superficies del núcleo activo de la HFM por la resistencia térmica de este núcleo.

Esta resistencia térmica es el resultado de la estructura de la HFM y no puede calcularse por la relación de espesor y la conductividad térmica del material del núcleo. Los efectos térmicos de los cables se toman en cuenta.

La resistencia térmica del núcleo activo se puede calcular a partir del factor de calibración y el número y características de los sensores de temperatura. La resistencia térmica media es:

$$R = \frac{\delta \cdot T}{q} \quad (\text{ec.28})$$

dónde:

q es la densidad de la tasa de flujo de calor.

$\delta \cdot T$ es la diferencia de temperatura entre ambas caras de la capa activa.

Esta diferencia de temperatura se puede conseguir por:

$$\delta \cdot T = \frac{\beta \cdot U}{n} \quad (\text{ec.29})$$

dónde:

U tensión de la HFM.

n número de sensores térmicos en el HFM.

β factor de calibración (K/V).

por lo tanto:

$$R = \frac{\beta}{F \cdot n} \quad (\text{ec.30})$$

dónde:

F factor de calibración q/U en W/m^2KV de la HFM.

El factor de corrección depende de los siguientes parámetros:

Parámetros	Nombre	Posible variación	Unidad
R_s	resistencia de la superficie sobre la HFM	0,5 a 0,01	$m^2 \cdot K / W$
D_a	Diámetro de la parte activa	10 a 500	mm
D_t	Diámetro total del HFM, incluyendo un anillo de protección	10 a 600	mm
d_f	Espesor de los paramentos	0,1 a 5	mm
λ_f	La conductividad térmica de los paramentos	0,03 a 400	$W / (m \cdot K)$
λ_{grd}	La conductividad térmica de la parte pasiva de la HFM	0,03 a 2	$W / (m \cdot K)$
R_{hfm}	La resistencia térmica de la parte activa de la HFM	0,001 a 0,01	$m^2 \cdot K / W$
λ	La conductividad térmica bajo el HFM	0,03 a 200	$W / (m \cdot K)$
d	Espesor de la primera capa	1 a 300	m
d_{hfm}	El espesor de la HFM y el anillo de protección	0,2 a 5	mm
q	Densidad de la tasa de flujo de calor	0,1 a 10	W/m^2

Hay que considerar el efecto de las variaciones de la resistencia de la superficie en los bordes de la HFM, debido a diferentes factores de forma, así como la forma de la HFM (circular o cuadrada).

No es posible proporcionar una tabla de los factores de corrección para cada tipo de HFM. Sin embargo, se dan las siguientes indicaciones:

- si el HFM está incrustado en el elemento de medición o si es pequeño, las correcciones pueden ser positivos o negativos. Si el HFM está instalado en la superficie, como es

habitual, la corrección es negativa si el HFM es homogénea y tiene una dimensión lateral que es más de 20 veces el espesor;

- b) la corrección es mayor si:
 - la resistencia de la superficie sobre la HFM es pequeña,
 - el material subyacente es térmicamente conductor,
 - la relación total de diámetro/espesor es pequeño;
- c) la corrección es menor si el HFM es grande o si está protegido por un anillo de protección grande que tiene la conductividad térmica adecuada;
- d) si el HFM se enfrenta con una lámina de cobre o de aluminio (por ejemplo, 0,5 mm de espesor), el efecto de la conductividad térmica del material de la primera capa del elemento de medida es más pequeño, pero el HFM se calibrará con los revestimientos.

5.4.6. Corrección en la resistencia térmica de la placa (HFM).

La HFM es una placa térmicamente resistente y se considera como una capa más del elemento constructivo. Si esta capa (HFM) no es infinitamente grande y delgada, la corrección es insignificante. Si es grande, pero de espesor finito la corrección se determina fácilmente si se conoce la resistencia térmica de la HFM, R_{hfm} .

Hay que considerar tres casos para la corrección en una dimensión:

- a) La temperatura de la superficie interior se mide bajo la HFM. En este caso, no se necesita ninguna corrección de la resistencia y conductancia térmica.
- b) La temperatura de la superficie interior se mide junto a la HFM. La resistencia viene dada por:

$$R = \frac{\delta \cdot T}{q} - R_{hfm} \quad (\text{ec.31})$$

dónde:

q densidad de la tasa de flujo de calor.

$\delta \cdot T$ diferencia de temperatura medida entre las superficies.

- c) Si la HFM es muy grande el resultado correcto de la transmitancia térmica es:

$$U = \frac{q}{\delta \cdot T - R_{hfm} \cdot q} \quad (\text{ec.32})$$

Donde $\delta \cdot T$ es la diferencia de temperatura entre los dos entornos.

5.4.7. Corrección de la dimensión finita del HFM.

En la mayoría de los casos, la HFM tiene una superficie finita y por lo tanto las isotermas se modifican en la región en la que está instalada la HFM. Esto cambia el flujo de calor a través de la HFM por lo tanto hay que hacer una corrección de los resultados obtenidos. El error causado por este cambio se llama error operativo.

Si q es la densidad de la tasa de flujo de calor y q' es la densidad de la tasa de flujo de calor a través del elemento sin la HFM, el error operativo, E , se define como:

$$e = \frac{q - q'}{q'} \quad (\text{ec.33})$$

Sabiendo este error operativo, los valores corregidos de R' y U' son:

$$R' = (1 + e) \cdot R \quad U' = \frac{U}{1 + e} \quad (\text{ec.34})$$

Esta corrección depende de los siguientes factores:

- Resistencia de la superficie sobre la HFM.
- Conductividad térmica y espesor de la capa del material situado bajo la HFM (no teniendo en cuenta películas delgadas tales como pinturas o papel).
- Dimensiones, estructura y propiedades térmicas de la HFM, anillo de protección, revestimientos y materiales de fijación, tales como pegamento, pastas de contacto térmico, cinta adhesiva, etc.

Los factores de corrección se obtienen mediante la resolución de la ecuación del calor por medio de un método de elementos finitos o de diferencias finitas, teniendo en cuenta las propiedades del medidor de flujo de calor, una resistencia de la superficie adecuada y la conductividad térmica de la primera capa. En el caso de que la HFM sea cuadrada, se puede utilizar un modelo de dos dimensiones con una simetría cilíndrica en lugar de un modelo de tres dimensiones, lo que simplifica los cálculos sin pérdida de precisión.

En general, los grandes errores se pueden evitar mediante la comprensión del efecto de la perturbación que veremos más adelante y atendiendo a los siguientes puntos:

- El error operativo es causado principalmente por la distorsión global del campo térmico bajo la HFM. El efecto de perturbación en el borde de la HFM tiene una gran importancia sólo para HFM cuya relación de anchura y espesor es menor de 10. Como consecuencia, la perturbación de un cuadrado y una HFM en forma de cilíndrica son las mismas, siempre que se trate de la misma zona de medición.
- El error de funcionamiento es una función creciente de la conductividad térmica del material de la primera capa bajo la HFM y del coeficiente de transferencia de superficie. Los pequeños errores de mediciones se darán en los materiales de aislamiento térmico internos del elemento mientras que los grandes errores de medición se dan en metales del entorno exterior.
- El error de funcionamiento es una función decreciente de la resistencia térmica de la HFM.
- Es aconsejable que haya una gran relación de anchura-espesor en la HFM ya que el error de funcionamiento es igual a al error de una sola dimensión. La corrección se calcula

utilizando las ecuaciones n° y n°. Esta corrección también es válido para las mediciones sobre los metales.

Si el coeficiente de transferencia de superficie es menos de 10 W/m²K, la HFM de una relación diámetro/espesor mayor que 20, instalado en materiales de construcción normales (conductividad térmica inferior a 3 W/m²K) entonces el factor de corrección es inferior a 0,1 W/m²K.

5.4.8. Precisión.

La exactitud de la medición depende de:

- La exactitud de la calibración de la HFM y los sensores de temperatura. El error es de aproximadamente 5% si estos instrumentos son bien calibrados.
- La precisión del sistema de registro de datos.
- Variaciones aleatorias causadas por ligeras diferencias en el contacto térmico entre los sensores y la superficie. Esta variación es de aproximadamente 5% del valor medio si los sensores se instalan cuidadosamente.
- El error operativo de la HFM debido a las modificaciones de las isothermas causado por la presencia de la HFM. Si el error de funcionamiento se ha estimado mediante un método adecuado tal como el análisis de elementos finitos, y se aplica una corrección a los datos, la incertidumbre residual es de aproximadamente 2% a 3%.
- Los errores cuasados por las variaciones en el tiempo de las temperaturas y el flujo de calor. Estos errores pueden ser muy grandes pero, si se cumplen los criterios descritos en n° y n°, se pueden reducir a menos del 10% del valor medido.
- Para las mediciones del valor de la transmitancia térmica, variaciones de temperatura en el espacio y las diferencias entre el aire y las temperaturas radiantes.

Si se cumplen las condiciones anteriores, la incertidumbre total puede estar entre:

$$(\sqrt{5^2 + 5^2 + 3^2 + 10^2 + 5^2})\% = 14\%$$

y

$$(5 + 5 + 3 + 10 + 5)\% = 28\%$$

La probabilidad de obtener un error grande se incrementa cuando:

- Las temperaturas (en particular la temperatura interior) muestran grandes fluctuaciones (antes o durante la prueba) en comparación con la diferencia de temperatura entre ambos lados del elemento.
- El elemento es pesado y la duración de la prueba es demasiado corta.
- El elemento se somete a radiación solar o de otras influencias térmicas fuertes.
- No se realiza una estimación del error operativo de la HFM (que puede ser de hasta 30% en algunas circunstancias).

La precisión de la medición del valor de la transmitancia térmica (U) depende de las temperaturas del medio ambiente adoptadas por el valor U y su medición.

5.5. Informe de prueba.

El informe deberá contener:

- a) Los datos del elemento constructivo donde se va a realizar el ensayo.
 - Ubicación de edificio.
 - Ubicación del elemento constructivo en el edificio (orientación).
 - Propósito de la prueba (la mala ejecución, la humedad, el envejecimiento de los materiales, etc).
 - Tipo de elemento (pared, techo, piso, etc).
 - Estructura del elemento.
 - Espesor del elemento.
- b) Datos de las medidas:
 - Nombre del aparato de medición.
 - Tipo y características (marca, número de serie, factores de calibración etc) de los sensores de temperatura y la HFM.
 - Método utilizado para fijar los sensores.
 - Ubicación precisa de los sensores (HFM y sensores de temperatura).
 - Temperatura (superficie, temperatura del aire radiante u otro).
 - Fecha y hora de inicio y final de la medición.
 - Intervalo entre registros y número de mediciones promedio en cada registro.
 - Gráficas de los datos registrados (tasa de flujo de calor y las temperaturas en función del tiempo) que muestra también los datos descartados antes del análisis.
- c) Datos del método de análisis:
 - Método utilizado: medio o dinámico.
 - Gráfico del flujo de calor, dividido por la diferencia de temperatura o el recíproco, según los casos.
 - Si las correcciones para el efecto de almacenamiento se llevan a cabo:
 - 1) Capacidad térmica y resistencia térmica de cada capa.
 - 2) Temperaturas medias para el primer y último día.
 - 3) Gráficos corregidos (valores de la resistencia, transmitancia y conductividad térmica en función del tiempo).
 - Los criterios de los puntos 5.4.2 y 5.4.3 no se cumple y sus consecuencias.
- d) Resultados:
 - La resistencia y transmitancia térmica total.
 - Correcciones por la presencia de la HFM.
 - Estimación de la precisión, análisis de errores.

- Cualquier medición complementaria, dependiendo de la finalidad de la prueba (contenido de humedad, análisis termográfico, estudio de la estructura, etc.).

6. CASO PRÁCTICO.

Antes de comenzar el análisis de termoflujometría es necesario conocer donde está situado el edificio y las características de sus cerramientos.

6.1. Localización del edificio.

El edificio en el cual se ha realizado las pruebas de termoflujometría sita en Polígono Industrial Oeste Avenida de las Américas, parcela 16/4B Mod:2, 30820 Alcantarilla, Murcia.

Se trata del Centro Tecnológico de la Construcción de Murcia que en colaboración con él se ha podido llevar a cabo en presente trabajo.

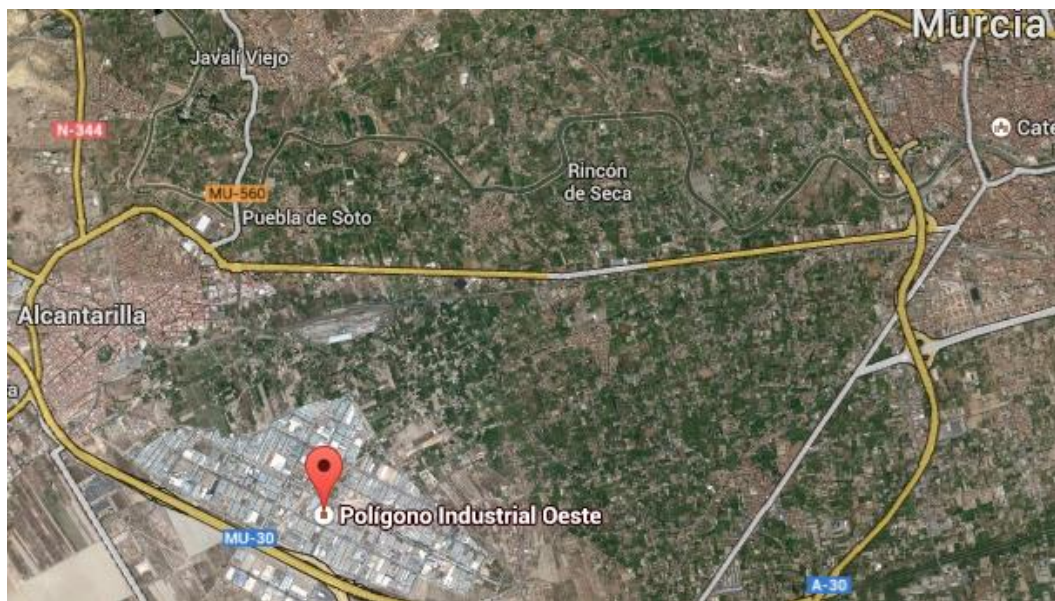


Figura 15. Localización Polígono industrial Oeste de Murcia.



Figura 16. Localización CTCON – Centro Tecnológico de la Construcción. Murcia.



Figura 17. Edificio CTCON – Centro Tecnológico de la Construcción. Murcia.

6.2. Caracterización y ubicación en el edificio de los cerramientos.

El cerramiento es una membrana necesaria para modificar y controlar el clima en nuestras edificaciones. Éste cumple una función principal en la edificación, posibilita el tener un control de los niveles ambientales acústicos y térmicos. Dicho control del clima se produce de dos formas:

- Con barreras físicas, creando unas cámaras de aire que evitan el paso del frío o del calor de forma excesiva o adicionando materiales para dar masa al cerramiento pudiendo así almacenar energía en el mismo e irradiarla al interior.
- Con energía, equilibrando las pérdidas o ganancias energéticas que se producen por las necesidades de ventilación e iluminación.

Todo cerramiento tiene unas exigencias que se deben cumplir para llevar a cabo la correcta edificabilidad de los cerramientos. Las normativas de obligado cumplimiento para los cerramientos es el Código Técnico de la Edificación (CTE). Por lo tanto, los cerramientos objeto de estudio fueron edificados bajo las premisas del CTE.

De entre los cerramientos que compone la envolvente del CTCON, la fachada exterior se presenta como la más idónea para ser objeto de una prueba termoflujométrica. Esto es debido, principalmente, a dos aspectos: en primer lugar, se trata de un cerramiento con un peso importante en el conjunto de las pérdidas térmicas totales del edificio y, en segundo lugar, su condición de cerramiento que separa la vivienda del exterior facilita que se dé un gradiente de temperaturas entre los ambientes a ambos lados del muro adecuado para la retaliación del ensayo.

El Centro Tecnológico de la Construcción está constituido por planta baja, planta primera y una nave adosada en la parte trasera como se puede ver en el plano adjunto en anexos.

Las fachadas exteriores objeto de estudio se realizarán en la planta primera según se muestra en la siguiente figura 18 y 19.

La fachada norte ha sido descartada por no tener ningún hueco por el que pasar el cableado del sistema. Y la fachada Este también ha sido descartada porque presenta una difícil colocación del aparato puesto las ventanas están en un laboratorio y la maquinaria dificulta la situación del sistema de cableado. Por lo tanto el aparato se ha colocado en la fachada Sur y Oeste.

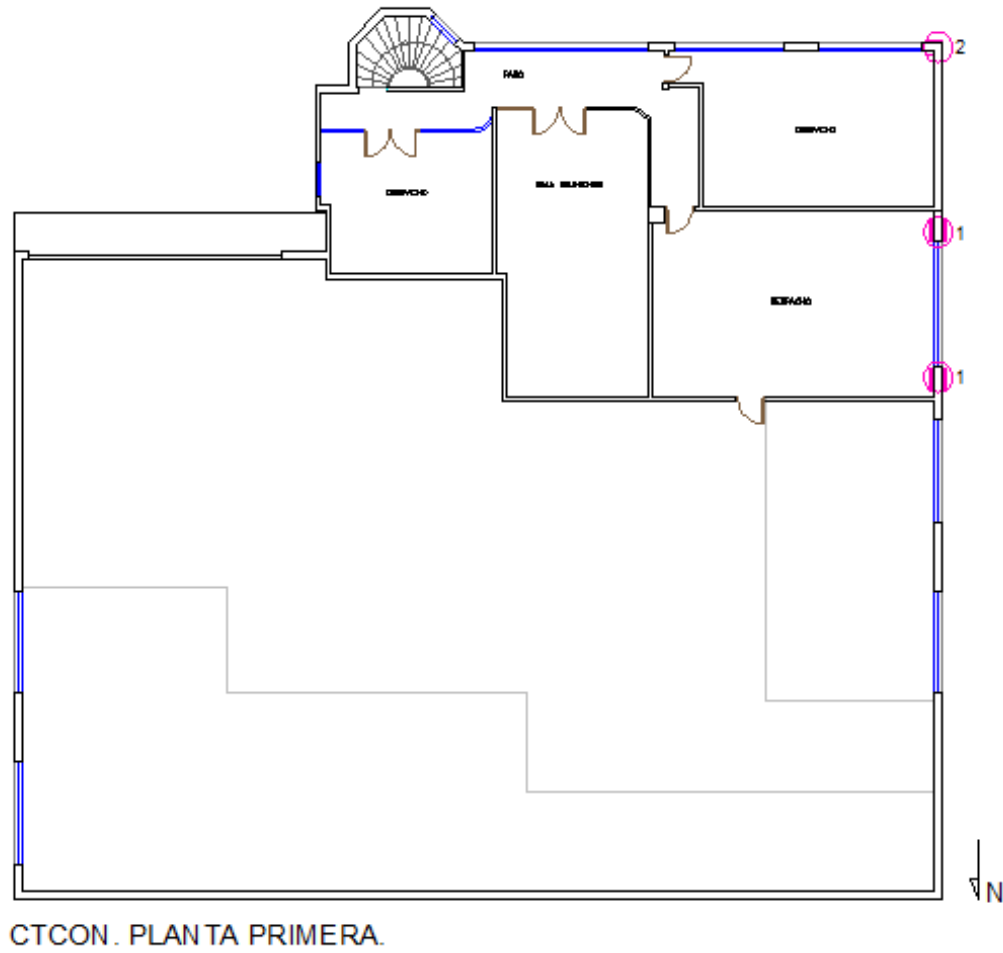


Figura 18: Puntos donde se ha realizado la prueba termoflujometrica. Planta primera del Centro Tecnológico de la Construcción. Murcia.

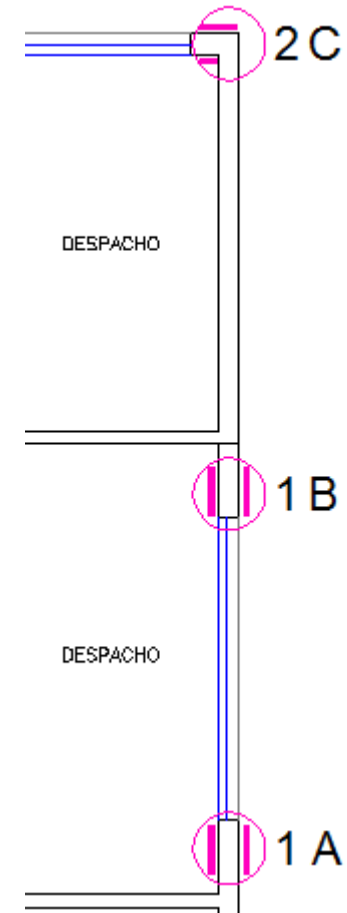


Figura 19. Detalle de los puntos donde se ha realizadola prueba termoflujometrica.

El cerramiento 1, fachada este, está compuesto de los siguientes materiales:

- Enfoscado monocapa: se trata de un mortero impermeable y coloreado, se emplea para el revestimiento y protección de las fachadas frente a la lluvia. Este mortero está compuesto de un conglomerante hidráulico, agua y árido.
- Ladrillo cerámico hueco de medio pie.
- Enfoscado de cemento.
- Aislamiento: se opone al paso del calor por conducción, el material es lana de roca.
- Cámara de aire: tiene como función la aislación térmica.
- Ladrillo cerámico hueco.
- Enlucido de yeso: colabora eficazmente en el acondicionamiento térmico, hogrótermico, acústico y lumínico de los edificios.
- Pintura, esta capa no se tiene en cuenta a la hora de realizar el análisis según ISO 9869.



Figura 20. Capas del cerramiento 1.

El cerramiento 2, fachada sur, está constituido por los siguientes materiales:

- Enfoscado monocapa.
- Fábrica de bloque hueco de hormigón.
- Enfoscado de cemento.
- Aislamiento, lana de roca.
- Cámara de aire.
- Ladrillo cerámico hueco.

- Enlucido de yeso.
- Pintura, esta capa no se tiene en cuenta a la hora de realizar el análisis según ISO 9869.

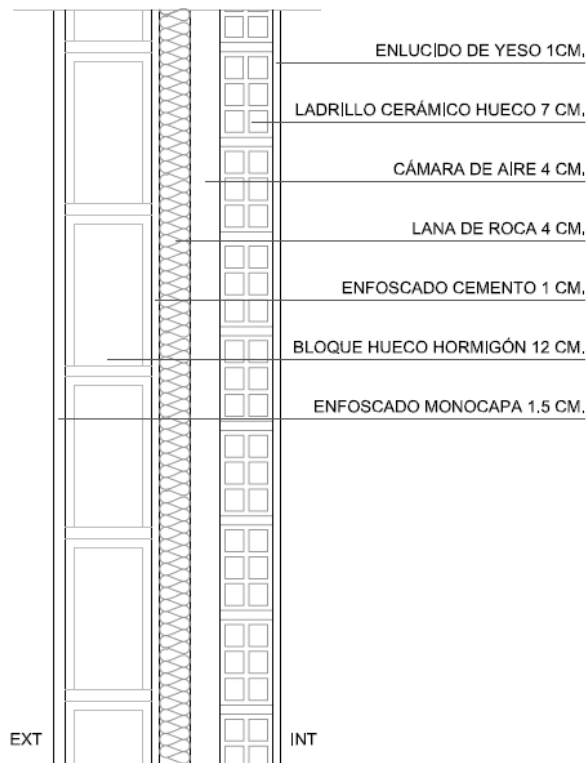


Figura 21. Capas del cerramiento 2.

6.3. Causas de la prueba de termoflujometría.

Se ha realizado una prueba de termografía en la fachada sur y este. La termografía consiste en un aparato que da emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos detectados formando imágenes luminosas visibles por el ojo humano.

Los resultados de la termografía son los siguientes:

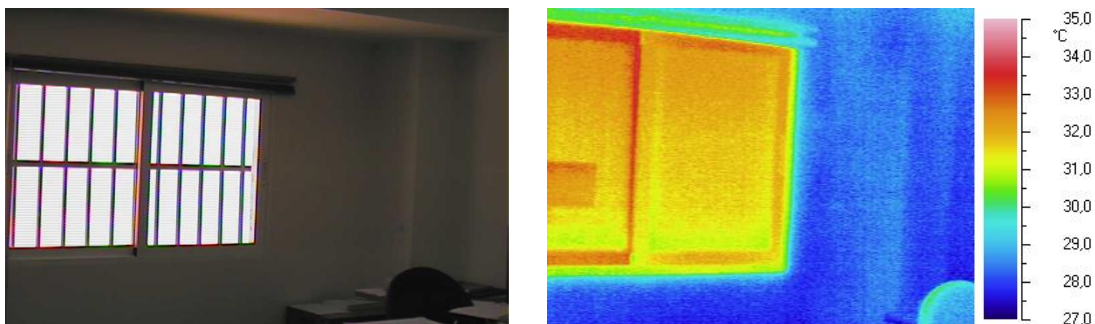


Figura 22. Fotografía real y termografía del cerramiento tipo 1 del CTCÓN.

En la figura 22, correspondiente al cerramiento tipo 1, se puede observar que se producen pérdidas térmicas en los alrededores de la ventana por ello se va a proceder al estudio del coeficiente de transmisión térmica del cerramiento. Estas pérdidas térmicas pueden ser debidas al mal sellado entre la ventana y el cerramiento.

Respecto al cerramiento tipo 2, en la figura 23 se puede apreciar fuentes de calor en el cerramiento y al igual que en el cerramiento tipo 1 hay pérdidas térmicas en los alrededores de la ventana. Las fuentes de calor en el cerramiento pueden ser debidas a una mala calidad del aislamiento térmico, a pérdidas de su calidad con el paso del tiempo etc.

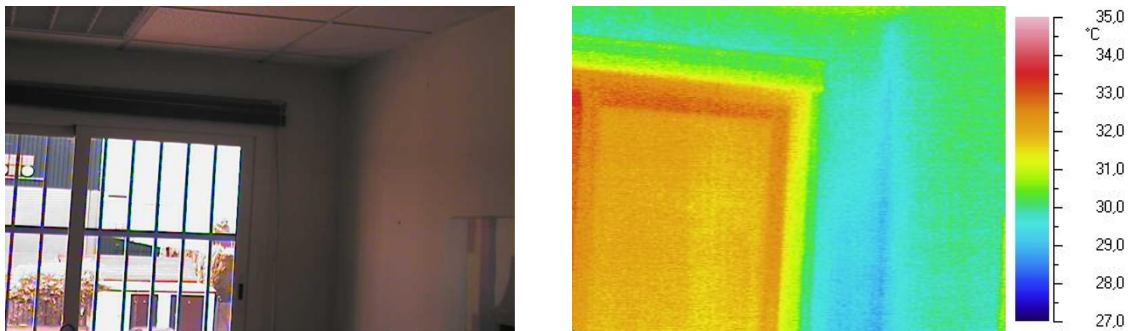


Figura 23. Fotografía real y termografía del cerramiento tipo 2 del CTCÓN.

6.4. Instalación del aparato en los cerramientos.

Se ha realizado el ensayo a la fachada exterior, utilizándose una placa de flujo de calor (HFM), dos sondas de temperatura superficial y otras dos de temperatura ambiente. El aparato que registra los datos es ALMELO 2890-9 de la casa AHLBORN. En el Anexo 1 se puede encontrar el catálogo.

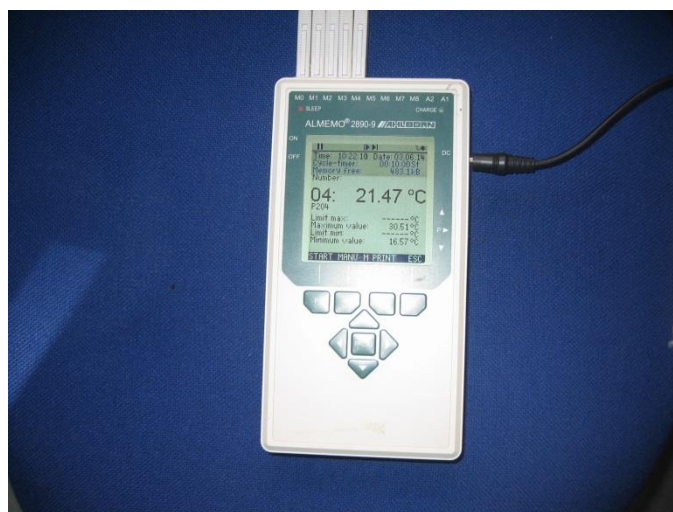


Figura 24. ALMELO 2890-9.

Antes de realizar la instalación del equipo hay que tener en cuenta que este tiene que estar lo más alejado posible de fuentes de calor tipo radiadores, fancoils, electrodomésticos etc. En la figura 25 se puede ver que el equipo instalado en el cerramiento tipo 1 está situado lo más alejado posible de fuentes de calor.



Figura 25. Distancia fuente de calor y equipo.

La placa (HFM) se ha colocado a 1,50 metros del suelo y para fijarla se ha utilizado cinta adhesiva como se muestra en la figura 26. Los sensores de temperatura también han sido fijados con la misma cinta adhesiva.



Figura 26. Situación de la HFM y las sondas de temperatura interior.

Las sondas de temperatura ambiente y superficial interiores se han colocado próximas a la placa y las sondas de temperatura ambiente separada unos centímetros de la pared.



Figura 27. Situación de las sondas de temperatura exterior.

Los sensores de temperatura exterior han sido cubiertos con una caja de cartón para evitar la radiación solar directa.



Figura 28. Sondas de temperatura exterior cubiertas con cartón.

Una vez instalado el equipo completo se procede a cerrar herméticamente la ventana, para ello se ha utilizado la misma cinta adhesiva de las sondas de temperatura y la HFM.

Estos criterios han sido aplicados para el cerramiento tipo 1 y cerramiento tipo 2.

6.5. Método de análisis.

El método utilizado para realizar el análisis de datos es el método de la media, descrito en la norma ISO 9869 visto en el punto 5.4.2 y consiste en ir calculando el valor de la resistencia térmica a medida que se van obteniendo sucesivas mediciones de flujo de térmico (Q) y del gradiente de temperatura (ΔT). Los valores que van resultando de realizar la media

aritmética a la suma acumulada de flujo de calor y gradiente de temperatura se aproximan asintóticamente al valor real de la resistencia.

Con este método es posible tener en cuenta el fenómeno de acumulación de calor, es decir, la inercia térmica del cerramiento.

Existe un libro Excel preparado a modo de plantilla en el que introducimos los datos obtenidos del ensayo y automáticamente la hoja de cálculo realiza las operaciones matemáticas basadas en la norma ISO 9869 y obteniendo así el resultado de la resistencia y transmitancia térmica real.

6.6. Resultados.

La resistencia y transmitancia térmica real obtenida ha sido:

- Cerramiento 1, punto A:

	Valores teóricos	VALORES MEDIDOS	
		Sin acumulación	Con acumulación
Resistencia térmica ($m^2\text{C}/W$):	1,980	1,491	1,511
Resistencias térmicas superficiales ($m^2\text{C}/W$):	0,170	0,198	0,201
Coeficiente de transmisión de calor k ($W/m^2\text{C}$):	0,472	0,592	0,584

Cantidad de calor acumulada respecto al flujo total de calor en el periodo:	1,35%
Al ser menor del 5% NO SE TIENE EN CUENTA LA ACUMULACIÓN DE CALOR	

Tabla 2. Valores de resistencia y transmitancia térmica del cerramiento 1 punto A.

- Cerramiento 1, punto B:

	Valores teóricos	VALORES MEDIDOS	
		Sin acumulación	Con acumulación
Resistencia térmica ($m^2\text{C}/W$):	1,980	1,666	1,692
Resistencias térmicas superficiales ($m^2\text{C}/W$):	0,170	0,418	0,424
Coeficiente de transmisión de calor k ($W/m^2\text{C}$):	0,472	0,480	0,473

Cantidad de calor acumulada respecto al flujo total de calor en el periodo:	1,51%
Al ser menor del 5% NO SE TIENE EN CUENTA LA ACUMULACIÓN DE CALOR	

Tabla 3. Valores de resistencia y transmitancia térmica del cerramiento 1 punto B.

- Cerramiento 2, punto C:

	Valores teóricos	VALORES MEDIDOS	
		Sin acumulación	Con acumulación
Resistencia térmica (m ² °C/W):	1,890	1,345	1,371
Resistencias térmicas superficiales (m ² °C/W):	0,170	0,167	0,170
Coefficiente de transmisión de calor k (W/m ² °C):	0,472	0,661	0,649
Cantidad de calor acumulada respecto al flujo total de calor en el periodo:			1,92%
Al ser menor del 5% NO SE TIENE EN CUENTA LA ACUMULACIÓN DE CALOR			

Tabla 4. Valores de resistencia y transmitancia térmica del cerramiento 2 punto C.

El valor del coeficiente de transmitancia térmica de calor U cumple la norma Código Técnico de la Edificación al ser inferior al indicado como máximo. Al estar en Murcia la zona climática es B3 por lo tanto $U = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$.

El valor de resistencias superficiales se ha considerado igual al teórico, $0,170 \text{ m}^2\text{K/W}$. Esta suposición se ha llevado a cabo por la incoherencia de los resultados obtenidos, que llevan a pensar que no se consiguió una buena adherencia de la sonda a la fachada.

6.7. Resistencia total y transmitancia térmica según ISO 6946. Comparación con ISO 9869.

La norma ISO 6946 ofrece el método de cálculo de la resistencia total de diseño y transmitancia térmica de diseño para un cerramiento. El Procedimiento es el siguiente:

1º Calcular la resistencia térmica de cada capa térmicamente homogénea del componente.

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

siendo:

d espesor de la capa de material en el componente.

λ conductividad térmica de diseño de los materiales, calculada según la Norma ISO 10456 u obtenida a partir de los valores tabulados.

2º Obtener la resistencia térmica total del componente de la edificación formado por capas térmicamente homogéneas perpendiculares al flujo de calor.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

siendo:

Resistencia superficial $m^2 \cdot K/W$	Dirección del flujo de calor		
	Ascendente	Horizontal	Descendente
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

NOTA 1 Los valores dados son valores de diseño. A efectos de la declaración de la transmitancia térmica de componentes y otros casos en los que se requieran valores independientes de la dirección del flujo de calor, o cuando la dirección de flujo de calor es susceptible de variar, es recomendable que se utilicen los valores de flujo de calor horizontal.

NOTA 2 Las resistencias superficiales se aplican a las superficies en contacto con el aire. Ninguna resistencia superficial es de aplicación a las superficies en contacto con otro material.

Tabla 5. Resistencias superficiales convencionales.

3º Obtener la transmitancia térmica.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

En base a la norma ISO 6946, los cálculos y comparación son los siguientes:

	ISO 6946	ISO 9869
Enlucido de Yeso d=0,01m	$\lambda = 0,18 \text{ W/mK}$ (ISO 10456) $R = 0,056 \text{ m}^2\text{K/W}$	$\lambda = 0,30 \text{ W/mK}$ (libro Excel) $R = 0,030 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ladrillo cerámico hueco d=0,07 m	$\lambda = 0,42 \text{ W/mK}$ (ISO 1745) $R = 0,167 \text{ m}^2\text{K/W}$	$\lambda = 0,49 \text{ W/mK}$ (libro Excel) $R = 0,014 \text{ m}^2\text{K/W}$
Cámara de aire d=0,04 m	(ISO 6946) Cámara de aire no ventilada, vertical y flujo horizontal. $R = 0,180 \text{ m}^2\text{K/W}$	(libro Excel) $R = 0,140 \text{ m}^2\text{K/W}$
Lana de roca d=0,04 m	$\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$ (ISO 10456) $R = 1,00 \text{ m}^2\text{K/W}$	$\lambda = 0,42 \text{ W/mK}$ (libro Excel) $R = 1,430 \text{ m}^2\text{K/W}$
Enfoscado de cemento d=0,01 m	$\lambda = 1,280 \text{ W/mK}$ (ISO 1745) $R = 0,008 \text{ m}^2\text{K/W}$	$\lambda = 1,400 \text{ W/mK}$ (libro Excel) $R = 0,003 = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$
Bloque hueco de hormigón d=0,12 m	$\lambda = 1,33 \text{ W/mK}$ (ISO 1745) $R = 0,090 \text{ m}^2\text{K/W}$	$\lambda = 0,440 \text{ W/mK}$ (libro Excel) $R = 0,270 \text{ m}^2\text{K/W}$
Ladrillo cerámico hueco d=0,115 m	$\lambda = 0,42 \text{ W/mK}$ (ISO 1745) $R = 0,274 \text{ m}^2\text{K/W}$	$\lambda = 0,760 \text{ W/mK}$ (libro Excel) $R = 0,150 \text{ m}^2\text{K/W}$
Enfoscado monocapa d=0,015 m	$\lambda = 1,33 \text{ W/mK}$ (ISO 1745) $R = 0,090 \text{ m}^2\text{K/W}$	$\lambda = 1,400 \text{ W/mK}$ (libro Excel) $R = 0,003 = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$

Tabla 6. Resistencias térmicas de las capas del componente.

Siendo el flujo horizontal, $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ y $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$, la resistencia total de diseño y la transmitancia térmica de diseño para cada cerramiento es:

Cerramiento 1.

$$R_T = 0,13 + 0,056 + 0,167 + 0,18 + 1 + 0,008 + 0,090 + 0,012 + 0,04 = 1,683 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$

$$U = \frac{1}{1,683} = 0,594 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$$

Cerramiento 2.

$$R_T = 0,13 + 0,056 + 0,167 + 0,18 + 1 + 0,008 + 0,274 + 0,012 + 0,04 = 1,867 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$$

$$U = \frac{1}{1,867} = 0,536 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ K}$$

Según los datos obtenidos:

	Resistencia térmica	
	ISO 6946	ISO 9869
Cerramiento 1	1,683	1,980
Cerramiento 2	1,867	1,890

Tabla 7. Resistencia térmica de diseño y medición.

	Transmitancia térmica	
	ISO 6946	ISO 9869
Cerramiento 1	0,594	0,472
Cerramiento 2	0,536	0,472

Tabla 8. Transmitancia térmica de diseño y medición.

Vemos que la resistencia térmica calculada según ISO 6946 es menor que la calculada en ISO 9869 con una diferencia significativa mayor del 20%. Estas diferencias pueden deberse a efectos de humedad, ejecución de un mal aislamiento, existencia de pobres condiciones térmicas, flujos de aire convectivos en el elemento.

La transmitancia térmica difieren en alrededor de un 10%, no es una diferencia muy significativa pero puede deberse a los efectos mencionados anteriormente.

7. CONCLUSIONES.

Como se menciona al principio del trabajo, el objetivo principal del presente TFM es obtener experimentalmente la resistencia y transmitancia térmica real, en condiciones estacionarias según ISO 9869, de un elemento constructivo, para ello se ha realizado pruebas termoflujométricas con ALMEMO 2890-9 en tres puntos del cerramiento del Centro

Tecnológico de la Construcción de Alcantarilla, Murcia. A la vez, se ha desarrollado una metodología basada en la norma ISO 9869, (Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance) para climas secos como puede ser la Región de Murcia, siguiendo las pautas del método de la media que establece dicha norma.

Los estudios del comportamiento térmico en estado estacionario muestran una transmitancia térmica adecuada, por debajo del valor que marca el Código Técnico de la Edificación, lo que significa que la envolvente del edificio está correctamente aislada. Según las termografías realizadas (figura 22 y 23) antes del análisis termoflujométrico mostraban posibles deficiencias en el sellado de la ventana con el cerramiento pero según los resultados extraídos del análisis se puede deducir que el edificio, Centro Tecnológico de la Construcción, presenta un equilibrio entre el aire exterior e interior pudiéndose así reducir los costes de electricidad derivados de aparatos de aire acondicionado, calefacción etc., a unos niveles óptimos de rentabilidad.

Los dos tipos de cerramiento presentan una buena resistencia térmica por lo que el sistema constructivo utilizado es el adecuado.

Con el análisis de termoflujometría se contribuye en el famoso certificado energético y con ello en la edificación de edificios de consumo de energía casi nulo establecidos en el Plan de Acción de eficiencia energética para 2020. Colaborando también en el cumplimiento del protocolo de Kyoto de la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC).

8. BIBLIOGRAFÍA.

Directiva 2010/31/UE del parlamento Europeo y del consejo de 19 de mayo de 2010.

Código Técnico de la Edificación (CTE), DB-HE, Ahorro Energético.

Plan de Acción para la Eficiencia Energética, 2001-2020.

ISO 9869 - Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance.

UNE-EN ISO 6946. Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de Cálculos.

UNE-EN ISO 10456. Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño.

UNE-EN ISO 1745. Fábrica de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto.

María Dolores Martínez Bernal (2011) “Comportamiento térmico de una construcción para ensayos al aire libre”, PFG, Universidad Politecnica de Valencia.

Israel Pérez Clemente, Evaluación de la demanda energética real de un grupo de viviendas, PFG, Universidad Politecnica de Valencia.

[1] Secretaría general de energía, dirección general de política energética y minas. La energía en España 2004.

[2] Xavier Guardino Solá, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 4.4. Calidad del Aire Interior. (p.44.2).

LIFE Cycle Habitation - LIFE Cycle Habitation – Demonstration Project with Carbon Neutral Construction and Innovative Energy Supply System. (02/06/2014 a 31/08/2018).Centro de Tecnología Apropiado.

Victor Mariano Aracena Pradena, 2012, “Método de verificación de calidad de aire interior en el diseño de un edificio o vivienda.

Filippín C y Flores Larsen S. (2005), “COMPORTAMIENTO TERMICO DE INVIERNO DE UNA VIVIENDA CONVENCIONAL EN CONDICIONES REALES DE USO”.

Grupo de Trabajo de Sostenibilidad de ACHE, Barcelona, febrero 2012. SOSTENIBILIDAD Y CONSTRUCCIÓN. Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural.

<http://ec.europa.eu/environment/life/funding/lifeplus.htm>

<http://www.ayecertificaciones.com/blog/el-termoflujometro/>

http://tecno.sostenibilidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=117&Itemid=161

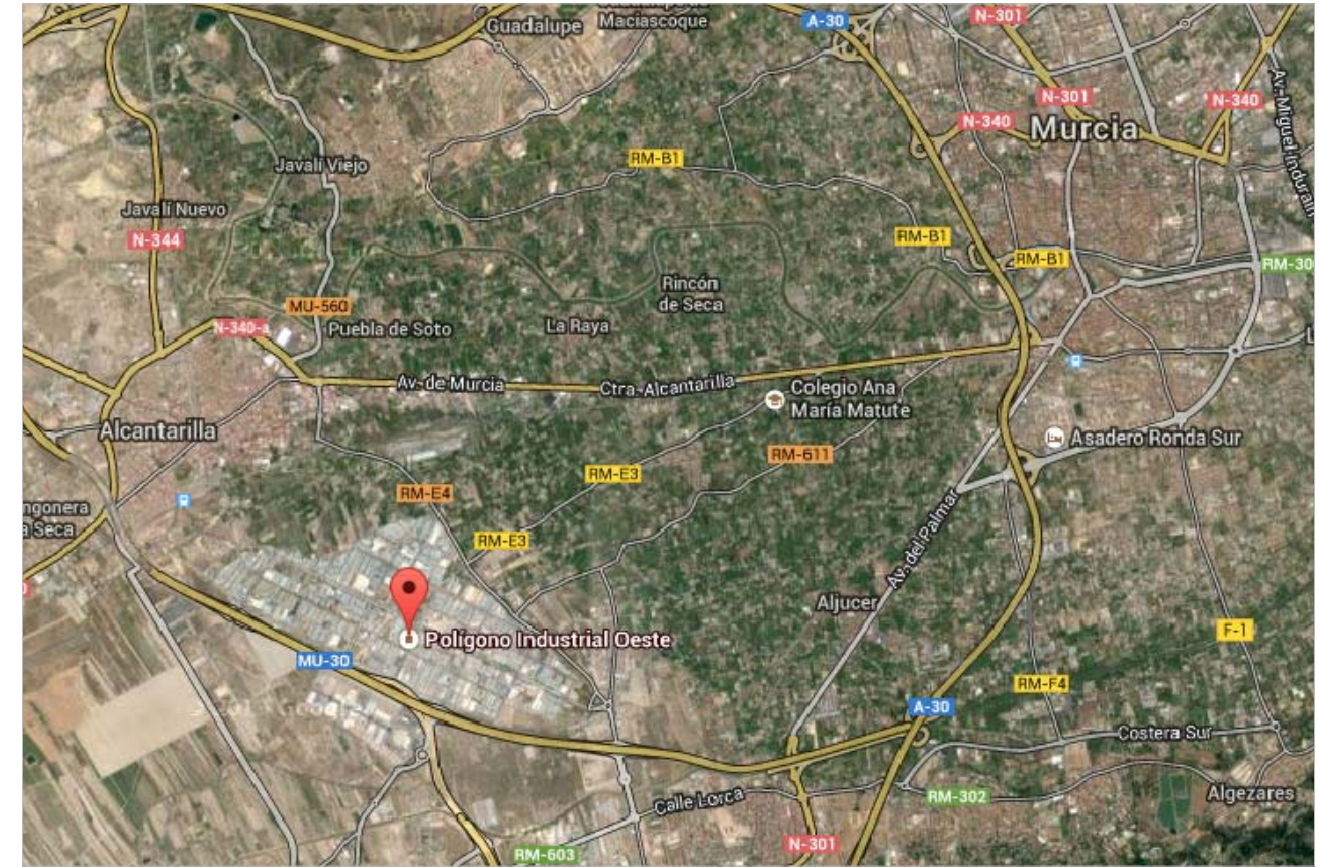
<http://www.sol-arq.com/index.php/cerramientos>

<http://www.ceramica-lapaloma.com/pdf/documentacion/articulos/elcomportamientotermicoylainerciatermica.pdf>

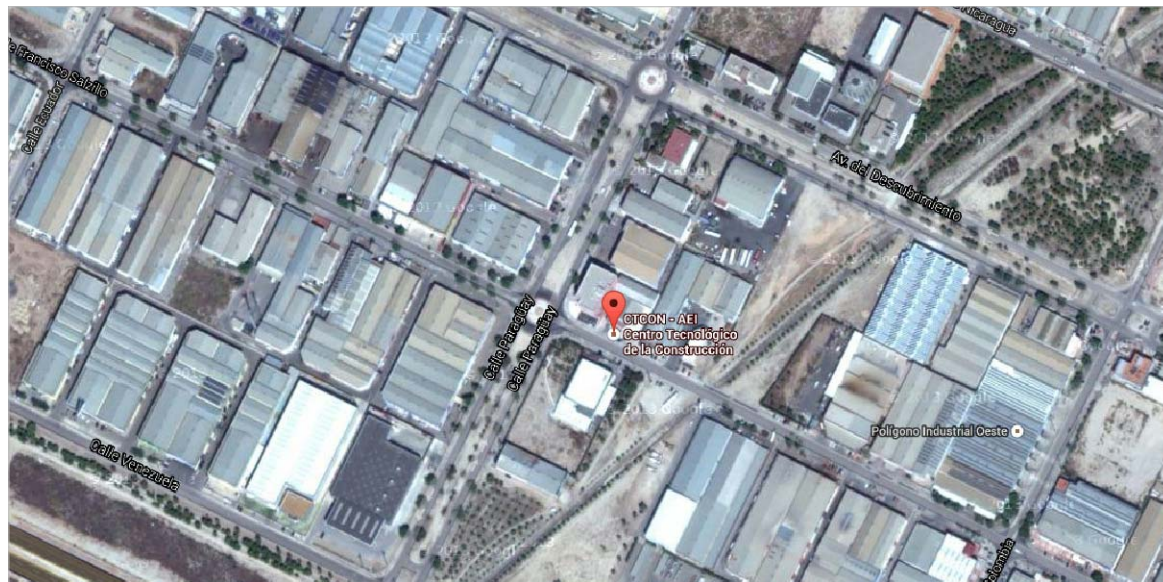
ANEXOS



FOTOGRAFÍA EXTERIOR CTCON



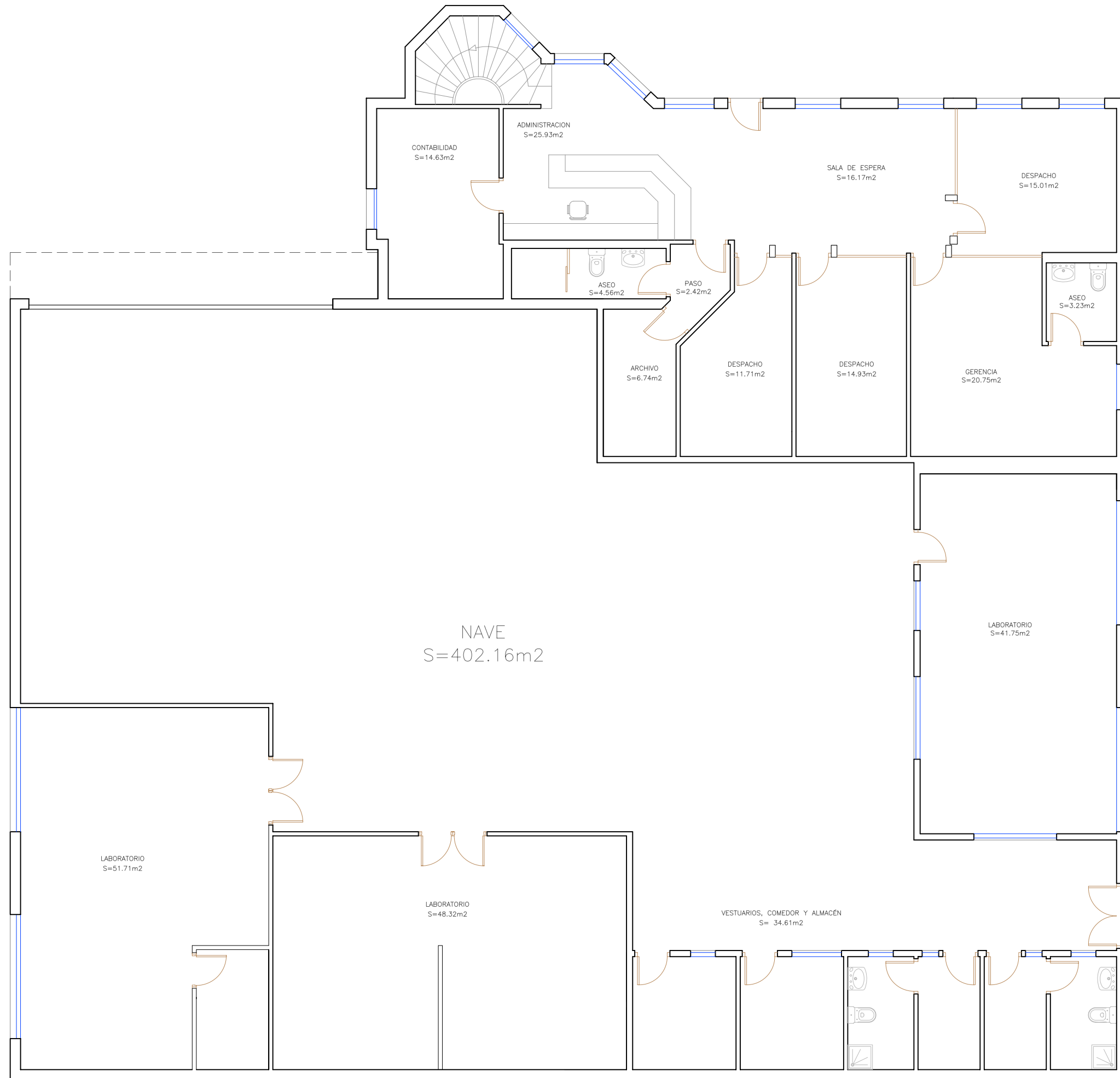
SITUACIÓN POLÍGONO INDUSTRIAL OESTE



SITUACIÓN CTCON EN POLÍGONO INDUSTRIAL OESTE

MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES.
 SILVIA LORENCIO PÉREZ.
 SITUACIÓN CTCON.





MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES.
 SILVIA LORENCIO PÉREZ.
 CTCON. PLANTA BAJA. E:1/100

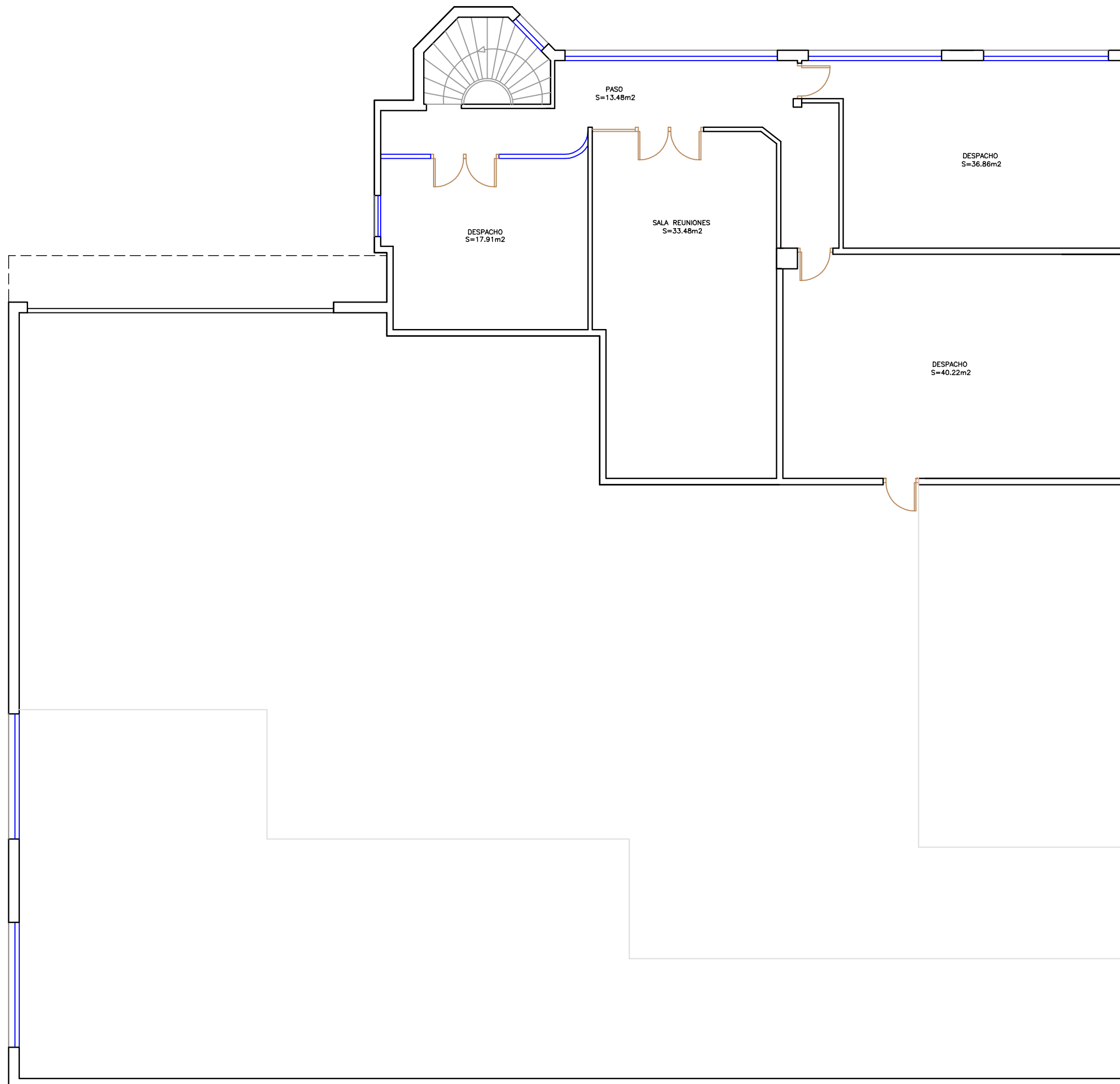


Universidad
 Politécnica
 de Cartagena



CENTRO TECNOLÓGICO
 DE LA CONSTRUCCIÓN
 Región de Murcia





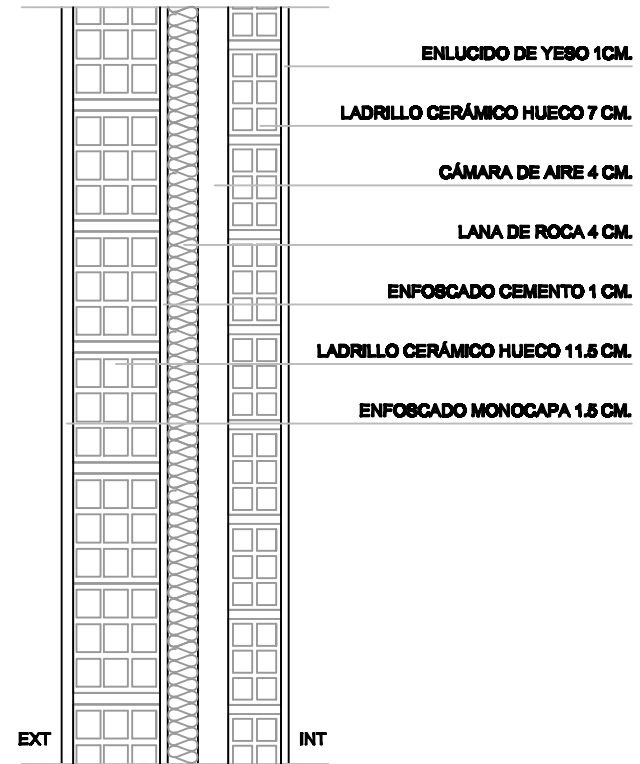
MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES.
SILVIA LORENCIO PÉREZ.
CTCON. PLANTA PRIMERA. E:1/100

↓ N

Universidad Politécnica de Cartagena

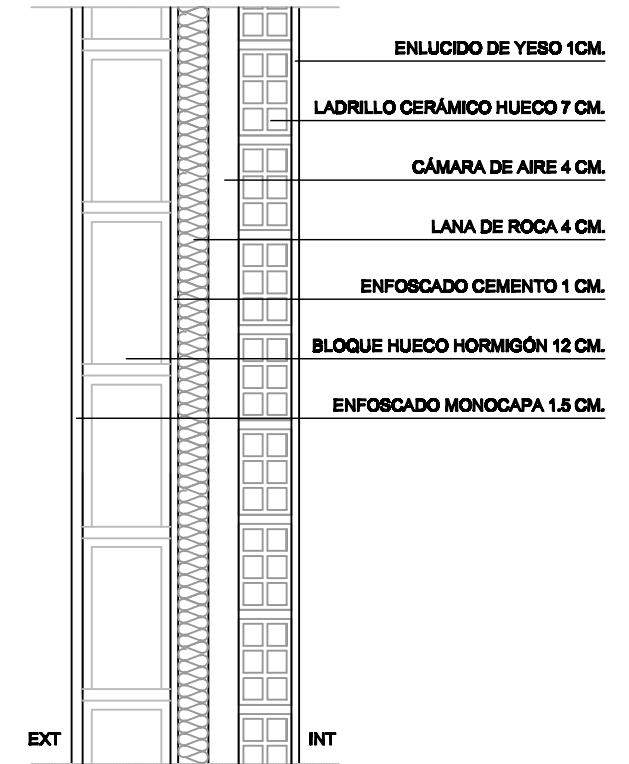
CTCON
CENTRO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN
Región de Murcia

CERRAMIENTO 2

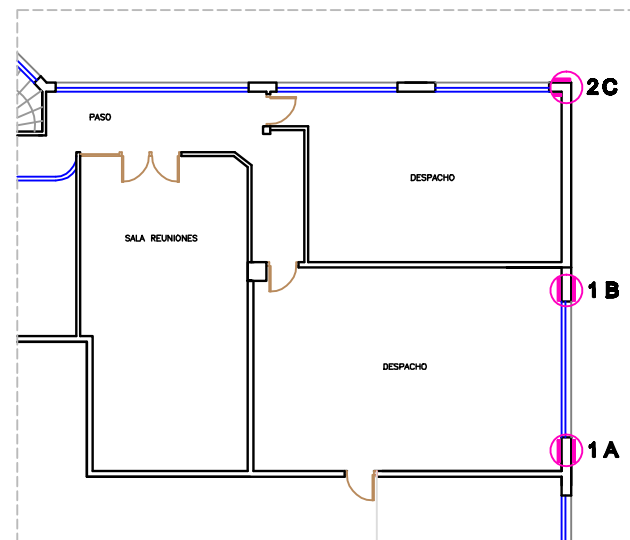


E: 1/10

CERRAMIENTO 1



E: 1/10



SITUACIÓN EQUIPO EN CERRAMIENTOS 1 Y 2
E:1/200

MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES.
SILVIA LORENCIO PÉREZ.
CTCON. PLANTA PRIMERA. E:S/E
DETALLE CERRAMIENTOS.



Universidad
Politécnica
de Cartagena



GENTRO TECNOLÓGICO
DE LA CONSTRUCCIÓN
Región de Murcia



INFORME TÉCNICO.

1º Proceso de adquisición de datos.

a) Periodo de medición.

Desde las 11:00 horas del día 27 de Mayo de 2014 hasta las 11:30 horas del día 3 de Junio de 2014.

b) Lugar de medición.

La prueba se ha realizado en la planta primera del Centro Tecnológico de la Construcción situado en la Avenida de las Américas, parcela 16/4B Mod.2 del Polígono industrial Oeste de Alcantarilla, Murcia. El aparato se ha colocado en el punto A según planos de anexos.

c) Incidencias a destacar.

Sin incidencias.

2º Informe técnico.

A continuación se muestra el cálculo teórico y las comprobaciones que exige la norma ISO 9869 a los valores obtenidos en el ensayo. Se incluyen las representaciones gráficas de la evolución instantánea de los parámetros en estudio durante la realización de las mediciones.

ANÁLISIS TERMOFLOJOMÉTRICO – Placa 1

Periodo de medición: del 1º día al 7º día (7 días).

Composición teórica del cerramiento

Nº de capa	Descripción	Espesor (m)	Conductividad (W/m°C)	R. térmica (m ² C/W)	Densidad (kg/m ³)	Cap esp calor (J/kg°C)
1	Enlucido de Yeso (800 kg/m ³)	0,010	0,300	0,030	800,0	1000
2	Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,490	0,140	1200,0	840
3	Cámara de aire	0,010		0,140	1,2	1008
4	Lana de roca	0,060	0,042	1,430	30,0	820
5	Enfoscado de cemento	0,005	1,400	0,000	2000,0	1000
6	Bloque hueco de hormigón	0,120	0,44	0,270	1000,0	
7	Enfoscado monocapa	0,015	1,400	0,000	2000,0	1000,0
8						
9						
10						
	TOTAL	0,290		1,980		

	Valores teóricos	VALORES MEDIDOS	
		Sin acumulación	Con acumulación
Resistencia térmica (m ² C/W):	1,980	1,491	1,511
Resistencias térmicas superficiales (m ² C/W):	0,170	0,198	0,201
Coefficiente de transmisión de calor k (W/m ² C):	0,472	0,592	0,584

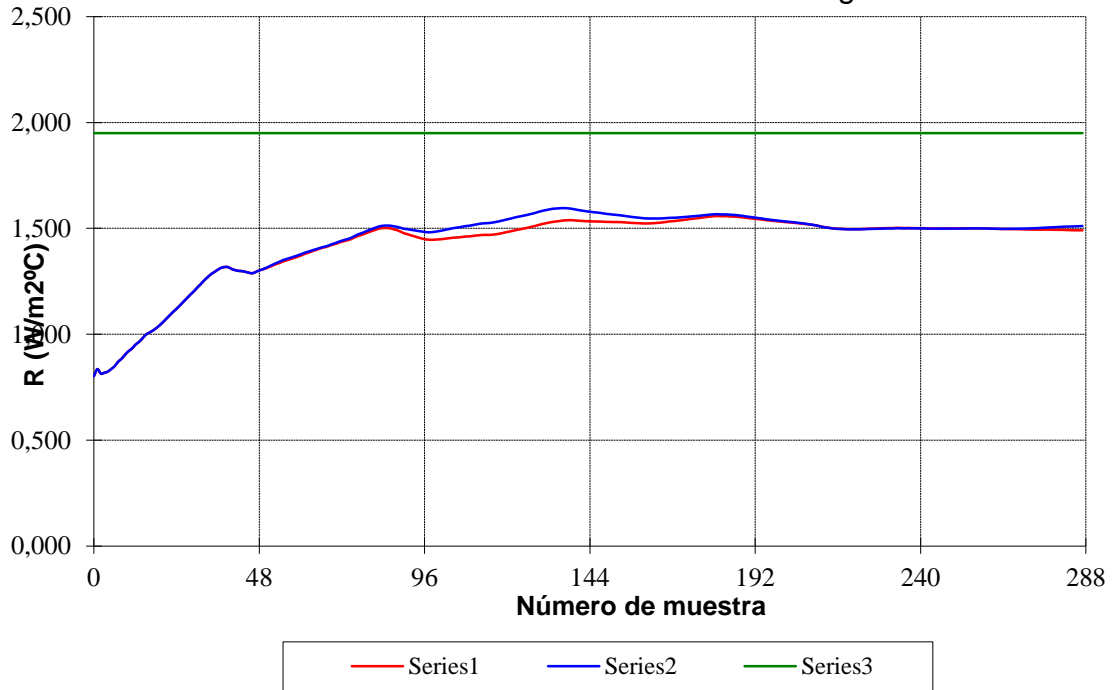
Cantidad de calor acumulada respecto al flujo total de calor en el periodo:	1,35%
Al ser menor del 5% NO SE TIENE EN CUENTA LA ACUMULACIÓN DE CALOR	

Cumplimiento de las condiciones impuestas por la norma ISO 9869:

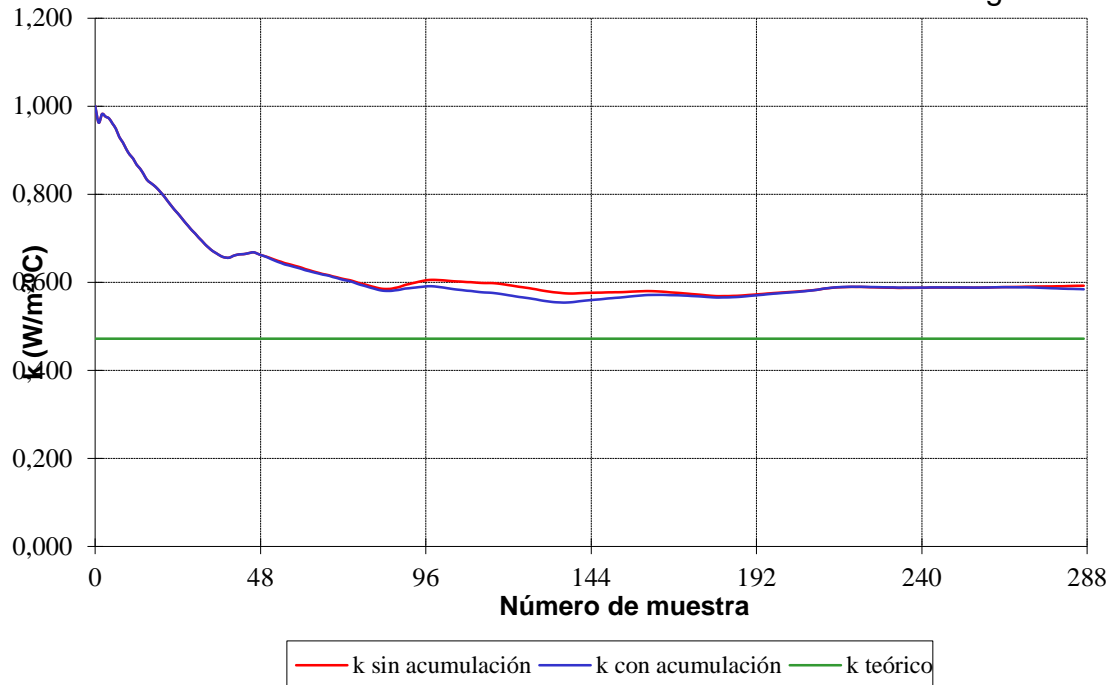
1º	Período de medición múltiplo de 24 h	Sí	144	CUMPLE
2º	Duración del muestreo superior a 72h	Sí	144	CUMPLE
3º	Resistencia al final del periodo:		1,491	
	Resistencia 24h antes:		1,501	
	¿Difieren en más del 5%?	No	0,68%	CUMPLE
4º	Resistencia térmica durante el primer período:		1,55	
	Resistencia térmica durante el último período:		1,51	
	¿Difieren en más del 5%?	No	2,56%	CUMPLE
		No	2,63%	CUMPLE

SE CUMPLEN TODAS LAS CONDICIONES, EL ENSAYO ES VÁLIDO

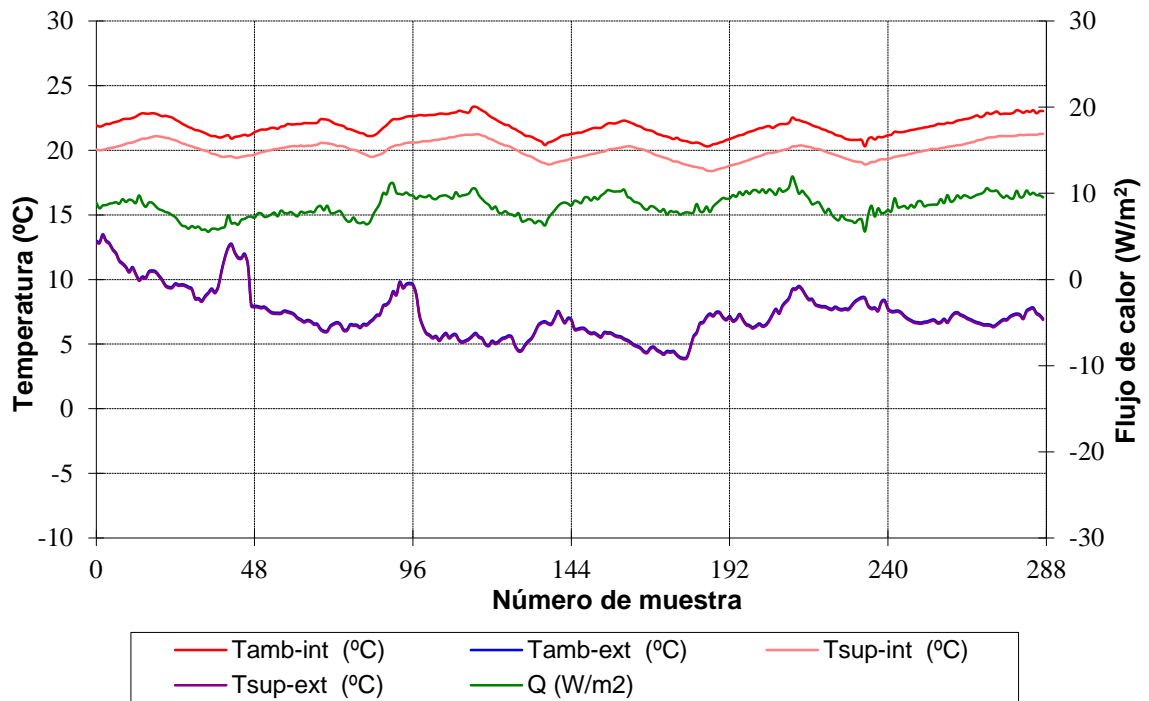
Valor de la resistencia térmica R - Placa 1 - hgt



Valor del coeficiente de transmisión de calor k - Placa 1 - hgt



Datos obtenidos de las mediciones - Placa 1 - hgt



INFORME TÉCNICO.

1º Proceso de adquisición de datos.

a) Periodo de medición.

Desde las 11:15 horas del día 4 de Junio de 2014 hasta las 11:45 horas del día 11 de Junio de 2014.

b) Lugar de medición.

La prueba se ha realizado en la planta primera del Centro Tecnológico de la Construcción situado en la Avenida de las Américas, parcela 16/4B Mod.2 del Polígono industrial Oeste de Alcantarilla, Murcia. El aparato se ha colocado en el punto B según planos de anexo.

c) Incidencias a destacar.

Sin incidencias.

2º Informe técnico.

A continuación se muestra el cálculo teórico y las comprobaciones que exige la norma ISO 9869 a los valores obtenidos en el ensayo. Se incluyen las representaciones gráficas de la evolución instantánea de los parámetros en estudio durante la realización de las mediciones.

ANÁLISIS TERMOFLOJOMÉTRICO – Placa 1

Periodo de medición: del 1º día al 7º día (7 días).

Composición teórica del cerramiento

Nº de capa	Descripción	Espesor (m)	Conductividad (W/m°C)	R. térmica (m ² °C/W)	Densidad (kg/m ³)	Cap esp calor (J/kg°C)
1	Enlucido de Yeso (800 kg/m ³)	0,010	0,300	0,030	800,0	1000
2	Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,490	0,140	1200,0	840
3	Cámara de aire	0,010		0,140	1,2	1008
4	Lana de roca	0,060	0,042	1,430	30,0	820
5	Enfoscado de cemento	0,005	1,400	0,000	2000,0	1000
6	Bloque hueco de hormigón	0,120	0,44	0,270	1000,0	
7	Enfoscado monocapa	0,015	1,400	0,000	2000,0	1000,0
8						
9						
10						
	TOTAL	0,290		1,980		

	Valores teóricos	VALORES MEDIDOS	
		Sin acumulación	Con acumulación
Resistencia térmica (m ² °C/W):	1,980	1,666	1,692
Resistencias térmicas superficiales (m ² °C/W):	0,170	0,418	0,424
Coeficiente de transmisión de calor k (W/m ² °C):	0,472	0,480	0,473

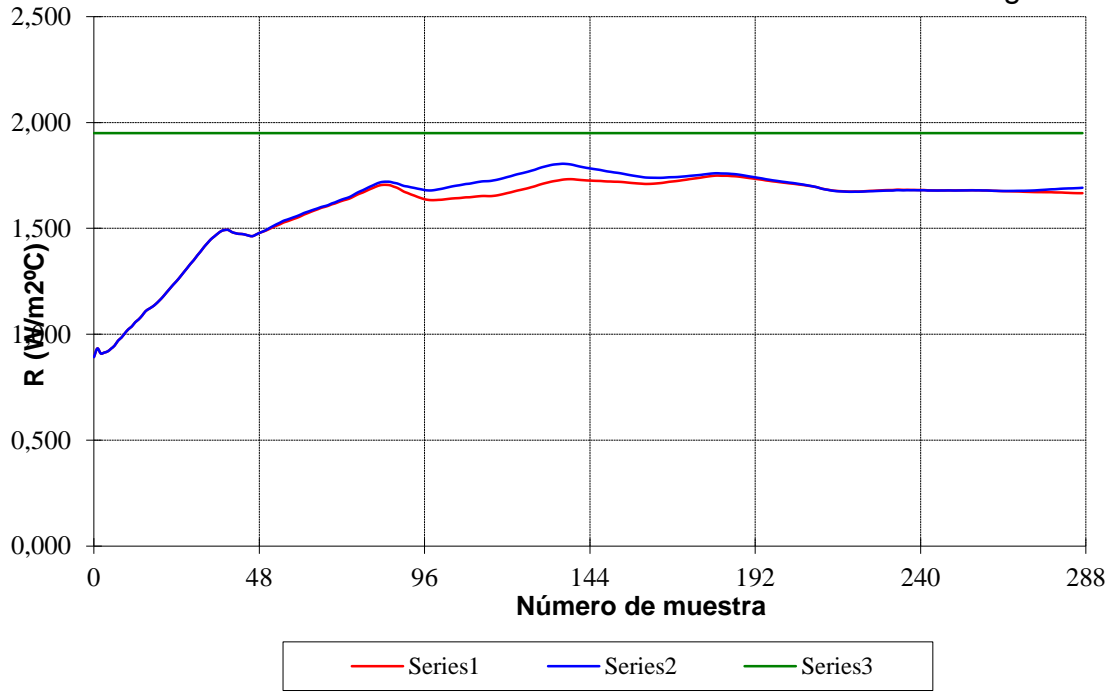
Cantidad de calor acumulada respecto al flujo total de calor en el periodo:	1,51%
Al ser menor del 5% NO SE TIENE EN CUENTA LA ACUMULACIÓN DE CALOR	

Cumplimiento de las condiciones impuestas por la norma ISO 9869:

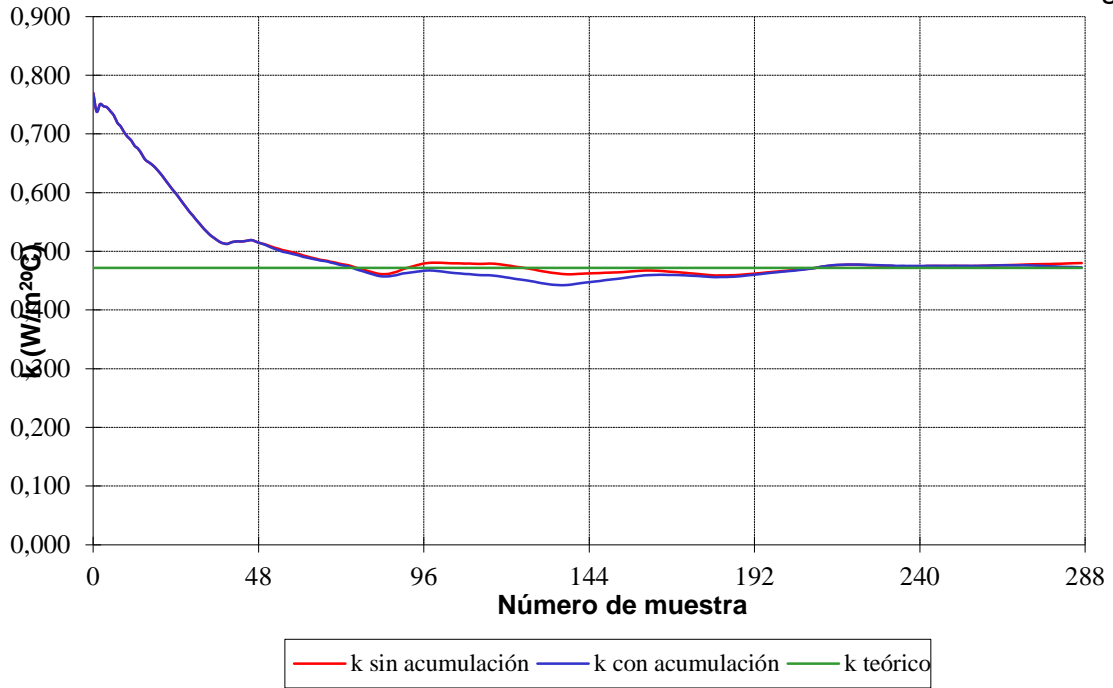
1º	Período de medición múltiplo de 24 h	Sí	144	CUMPLE
2º	Duración del muestreo superior a 72h	Sí	144	CUMPLE
3º	Resistencia al final del periodo:		1,666	
	Resistencia 24h antes:		1,681	
	¿Difieren en más del 5%?	No	0,90%	CUMPLE
4º	Resistencia térmica durante el primer período:		1,74	
	Resistencia térmica durante el último período:		1,68	
	¿Difieren en más del 5%?	No	3,45%	CUMPLE
		No	3,58%	CUMPLE

SE CUMPLEN TODAS LAS CONDICIONES, EL ENSAYO ES VÁLIDO

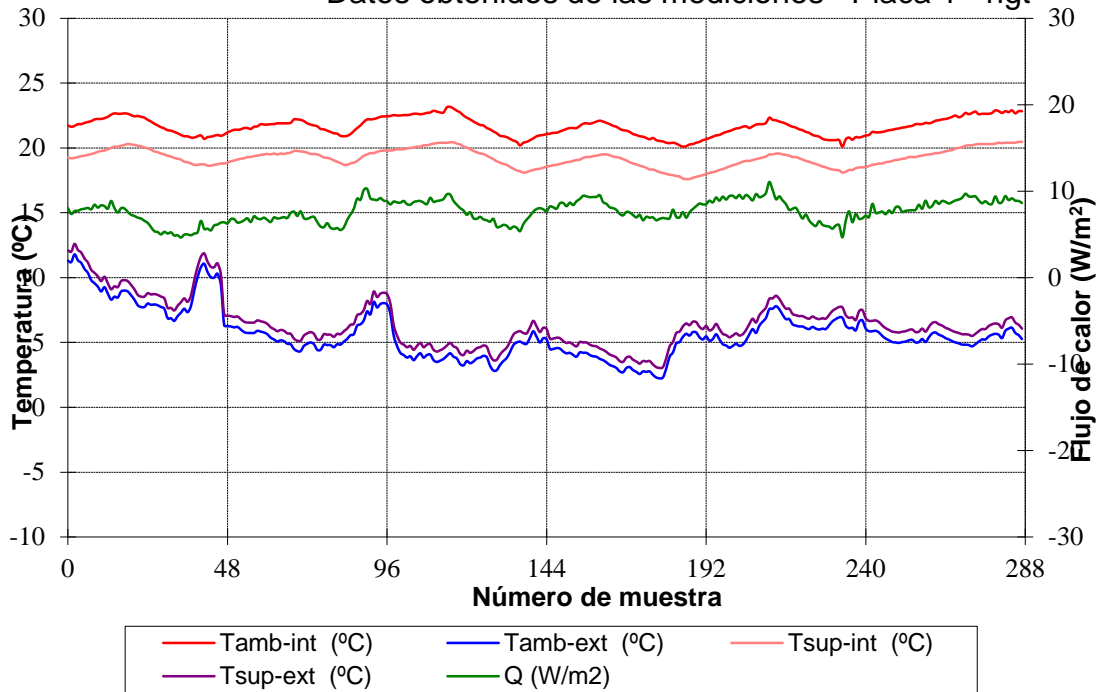
Valor de la resistencia térmica R - Placa 1 - hgt



Valor del coeficiente de transmisión de calor k - Placa 1 - hgt



Datos obtenidos de las mediciones - Placa 1 - hgt



INFORME TÉCNICO.

1º Proceso de adquisición de datos.

a) Periodo de medición.

Desde las 11:00 horas del día 18 de Junio de 2014 hasta las 11:30 horas del día 25 de Junio de 2014.

b) Lugar de medición.

La prueba se ha realizado en la planta primera del Centro Tecnológico de la Construcción situado en la Avenida de las Américas, parcela 16/4B Mod.2 del Polígono industrial Oeste de Alcantarilla, Murcia. El aparato de medida se ha colocado en el punto C según planos de anexo.

c) Incidencias a destacar.

Sin incidencias.

2º Informe técnico.

A continuación se muestra el cálculo teórico y las comprobaciones que exige la norma ISO 9869 a los valores obtenidos en el ensayo. Se incluyen las representaciones gráficas de la evolución instantánea de los parámetros en estudio durante la realización de las mediciones.

ANÁLISIS TERMOFLOJOMÉTRICO – Placa 1

Periodo de medición: del 1º día al 7º día (7 días).

Composición teórica del cerramiento

Nº de capa	Descripción	Espesor (m)	Conductividad (W/m°C)	R. térmica (m ² °C/W)	Densidad (kg/m ³)	Cap esp calor (J/kg°C)
1	Enlucido de Yeso (800 kg/m ³)	0,010	0,300	0,030	800,0	1000
2	Fábrica de ladrillo hueco	0,070	0,490	0,140	1200,0	840
3	Cámara de aire	0,010		0,140	1,2	1008
4	Lana de roca	0,060	0,042	1,430	30,0	820
5	Enfoscado de cemento	0,005	1,400	0,000	2000,0	1000
6	Ladrillo cerámico hueco	0,115	0,760	0,150	1600,0	840
7	Enfoscado monocapa	0,015	1,400	0,000	2000,0	1000,0
8						
9						
10						
	TOTAL	0,285		1,890		

	Valores teóricos	VALORES MEDIDOS	
		Sin acumulación	Con acumulación
Resistencia térmica (m ² °C/W):	1,890	1,345	1,371
Resistencias térmicas superficiales (m ² °C/W):	0,170	0,167	0,170
Coeficiente de transmisión de calor k (W/m ² °C):	0,472	0,661	0,649

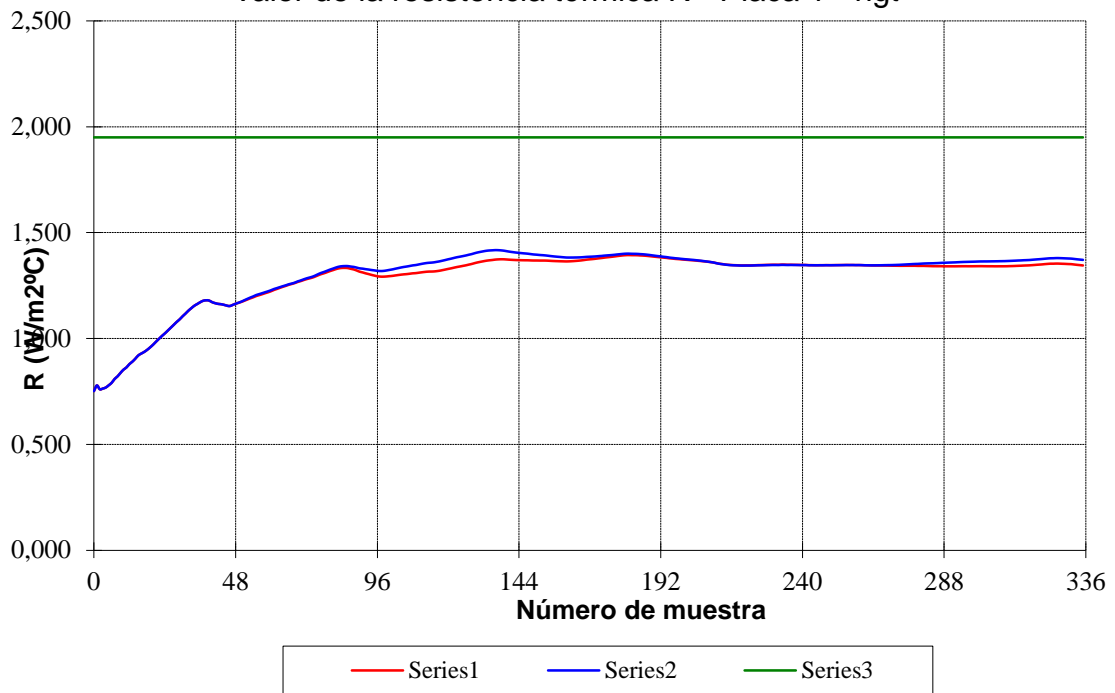
Cantidad de calor acumulada respecto al flujo total de calor en el periodo:	1,92%
Al ser menor del 5% NO SE TIENE EN CUENTA LA ACUMULACIÓN DE CALOR	

Cumplimiento de las condiciones impuestas por la norma ISO 9869:

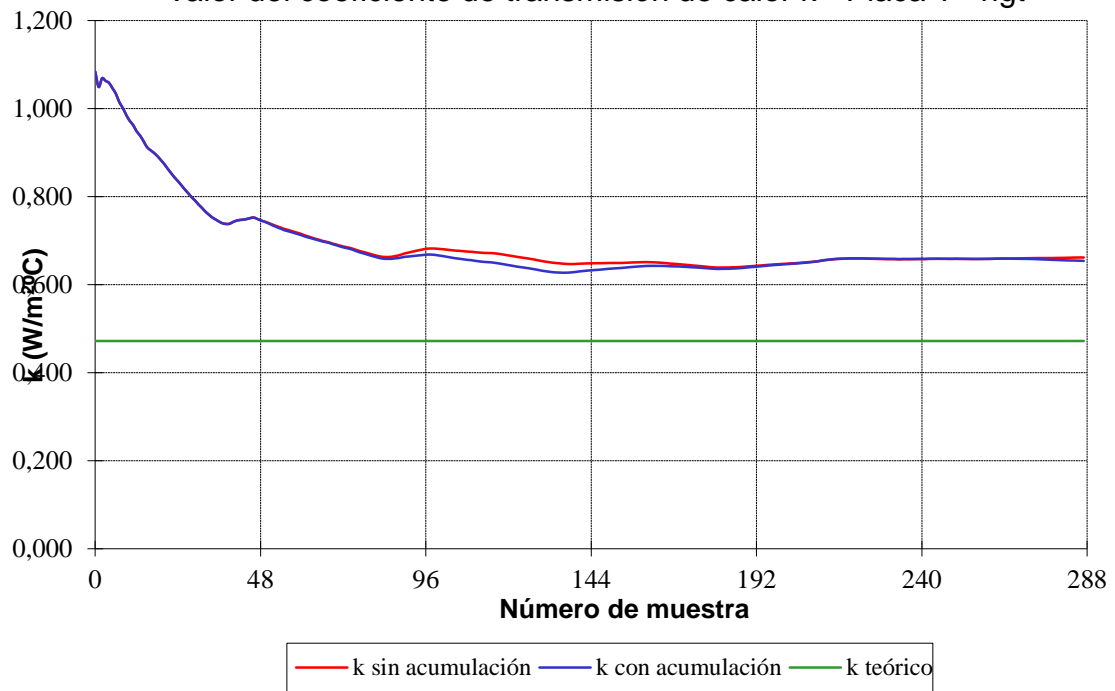
1º	Período de medición múltiplo de 24 h	Sí	168	CUMPLE
2º	Duración del muestreo superior a 72h	Sí	168	CUMPLE
3º	Resistencia al final del periodo:		1,345	
	Resistencia 24h antes:		1,341	
	¿Difieren en más del 5%?	No	0,26%	CUMPLE
4º	Resistencia térmica durante el primer período:		1,38	
	Resistencia térmica durante el último período:		1,33	
	¿Difieren en más del 5%?	No	4,11%	CUMPLE
		No	4,28%	CUMPLE

SE CUMPLEN TODAS LAS CONDICIONES, EL ENSAYO ES VÁLIDO

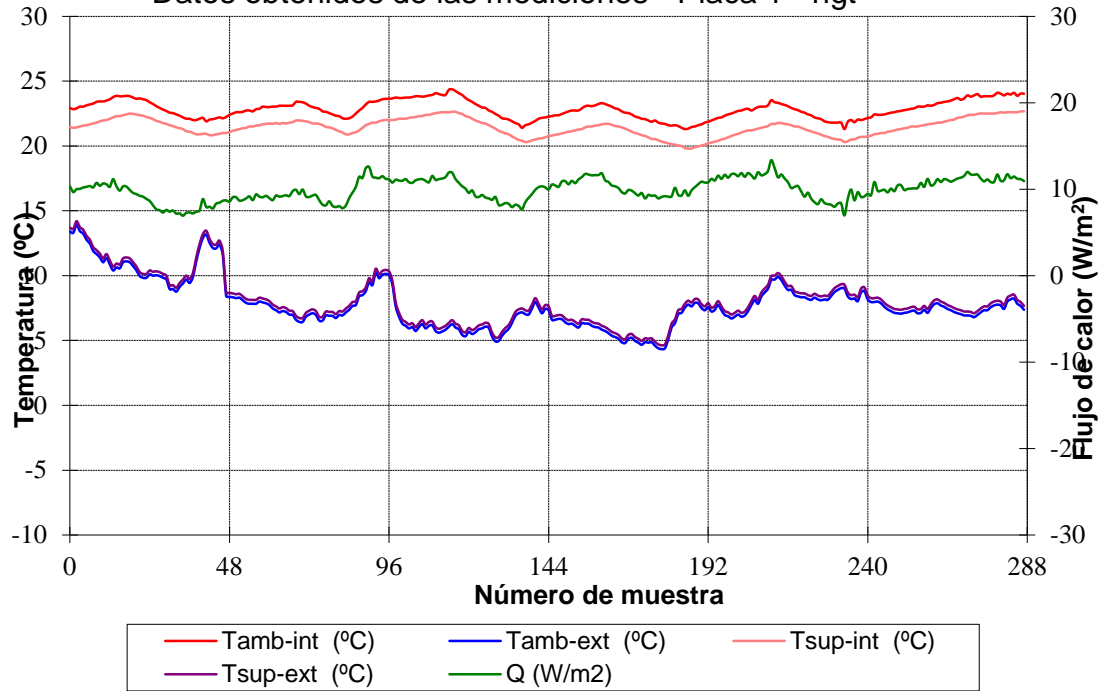
Valor de la resistencia térmica R - Placa 1 - hgt



Valor del coeficiente de transmisión de calor k - Placa 1 - hgt



Datos obtenidos de las mediciones - Placa 1 - hgt



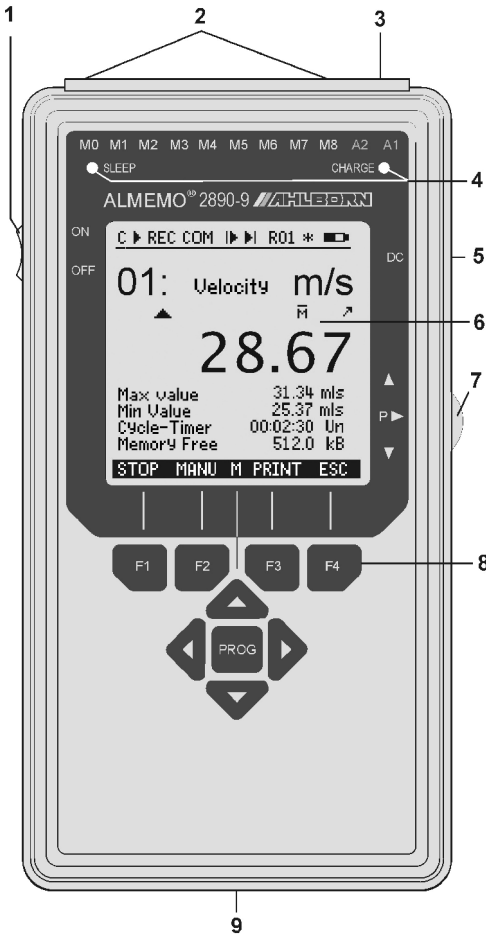
Operating Instructions



Data Logger ALMEMO[®] 2890-9

V1.0
12.05.2005

1. OPERATING CONTROLS



Rear of device

- (9) **Rechargeable battery pack**
6 AA NiMH rechargeable batteries, 7.2 volts
- (10) **Folding stand / hook**

(1) ON / OFF switch

Up ON - ON
Down OFF - OFF

(2) Meas. inputs M0 to M8

M0 ... M8 for all ALMEMO-Sensors
M10...M38 31 additional channels

(3) Output sockets A1, A2

A1 Interface/optic fiber (ZA1909-DK5/L)
RS 422 (ZA 5099-NVL/NVB)
Ethernet (ZA 1945-DK)
Bluetooth (ZA 1709-BTx)
Analog output 1 (ZA 1601-RK)
A2 Network cable (ZA1999-NK5/NKL)
MMC card connector (ZA1904-MMC)
Trigger input (ZA 1000-ET/EK)
Relay outputs (ZA 1000-EKG)
Analog output 2 (ZA 1601-RK)

(4) Check lamps

SLEEP SLEEP mode
Charge Battery recharge

(5) Socket DC 12volts

Mains adapter (ZB2590-NA, 12volts, 0.8 A)
Charging adapter (ZA 2690-LA, 12V)
DC-Cable isolat. (ZB 2590-UK, 10-30V)

(6) LCD

Status line:

C Cont. measuring point scan
▶, || Measurement Start, Stop
REC Memory record
COM Output of meas. values
|▶, | Meas. start, end programmed
R01 Alarm relay status
*, * Light on, pause
🔋 Battery operation/charge status

13 lines for functions

Function of keys F1, F2, F3, F4

(7) Thumb-wheel

M▲▼ Measuring point
P▶, F▲▼ Function selection
P▶, ▲▼, ▶ Data input

(8) Operating keys

▲, ▼, ▶ Function selection, input
F1 ... F4 Function keys (soft keys)
PROG Programming
◀ Last measuring menu

2. TABLE OF CONTENTS

1. OPERATING CONTROLS.....	2
3. GENERAL.....	6
3.1 Guarantee.....	6
3.2 Extent of the Delivery	7
3.3 How to deal with rechargeable batteries.....	7
3.4 Special Operating Instructions.....	7
4. INTRODUCTION.....	8
4.1 Function Range of the ALMEMO 2890-8.....	8
4.1.1 Sensor Programming.....	9
4.1.2 Measurement.....	10
4.1.3 Process flow control.....	11
5. INITIAL OPERATION.....	13
6. POWER SUPPLY.....	14
6.1 Rechargeable battery operation and supply voltage monitoring.....	14
6.2 Mains Operation.....	14
6.3 External DC Voltage Supply.....	14
6.4 Sensor Supply.....	15
6.5 Switch On/Off, Reinitialisation.....	15
6.6 Data buffering.....	15
7. CONNECTION OF THE TRANSDUCERS.....	16
7.1 Transducers.....	16
7.2 Measuring inputs and Additional Channels.....	16
7.3 Isolation.....	17
8. DISPLAY AND KEYPAD.....	18
8.1 Display and Menu Selection.....	18
8.2 Function Keys	19
8.3 Control Symbols.....	19
8.4 Function Selection.....	20
8.5 Data Entry.....	20
9. MEASURING USING MEASURING-MENUS.....	21
9.1 Measuring with one Measuring Point.....	22
9.1.1 Selecting the Measuring Point.....	22
9.1.2 Peak Value Memory with Time and Date.....	22
9.2 Correction of the Meas. Value and Compensation	23
9.2.1 Setting the Meas. Value to Zero.....	23
9.2.2 Zero Point Adjustment	24
9.2.3 Sensor Adjustment in the case of chemical sensors.....	24
9.2.4 Two-point Adjustment with Setpoint Entry.....	25
9.2.5 Temperature Compensation	26

9.2.6 Atmospheric Pressure Compensation.....	26
9.2.7 Cold Junction Compensation.....	27
9.3 Measuring point scans and Output.....	28
9.3.1 Single Output / Storage of all Measuring Points.....	28
9.3.2 Cyclic Output / Storage of all Measuring Points.....	28
9.3.3 Memory space, Memory Output, Clearing the Memory.....	29
9.3.4 Output of Menu Functions.....	29
9.3.5 Displaying Measured Values as a Line Diagram	30
9.4 Averaging.....	31
9.4.1 Damping of Meas. values by a Sliding averag. window.....	32
9.4.2 Averaging Mode.....	32
9.4.3 Averaging over Manual Single Measurements.....	32
9.4.4 Net Measurement.....	33
9.4.5 Averaging over the Measuring Time, Meas. duration.....	34
9.4.6 Measurement Time, Measuring duration, Timer.....	34
9.4.7 Averaging over the Cycle.....	35
9.4.8 Averaging over several Measuring Points.....	36
9.4.9 Volume Flow Measurement.....	37
9.5 Display of Several Measuring Points	38
9.5.1 Menu Multi Channel Display and Bar chart.....	38
9.5.2 Differential Measurement.....	38
9.5.3 Menu List of Measuring Points.....	39
9.6 Assistant-Menus for Special Meas. Operations.....	40
9.6.1 Thermal Coefficient.....	40
9.6.2 Wet Bulb Globe Temperature.....	40
9.7 User Menus.....	41
9.7.1 Functions.....	41
9.7.2 Configuration of the menu	42
9.7.3 Function Printouts.....	43
9.7.4 Programming via the Serial Interface:.....	44
10. PROGRAMMING WITH PROGRAMMING-MENUS.....	45
10.1 Times and Cycles.....	45
10.1.1 Time and Date	45
10.1.2 Cycle with Storage Activation and Output Format.....	45
10.1.3 Conversion Rate, Continuous Measuring Point Scan.....	46
10.1.4 Start date and time-of-day, end date and time-of-day, measuring duration	47
10.2 Data Memory for measured values.....	48
10.2.1 Memory connector with multi-media card	48
10.2.2 Data Acquisition.....	49
10.2.3 Numbering of measurements.....	50
10.2.4 Starting and Stopping of measurements.....	50
10.2.5 Sleepmodus.....	50
10.2.6 Memory Output.....	51

10.3 Sensor Programming	53
10.3.1 Selecting the Input Channel.....	53
10.3.2 Measuring Point Designation.....	54
10.3.3 Averaging Mode.....	54
10.3.4 Locking the Programming of the Sensor.....	54
10.3.5 Limit Values.....	55
10.3.6 Scaling, Decimal Point Setting.....	55
10.3.7 Correction Values.....	56
10.3.8 Changing the Dimension.....	56
10.3.9 Selecting the Measuring Range.....	56
10.3.10 Function Channels.....	59
10.4 Special Functions	61
10.4.1 Print Cycle Factor.....	61
10.4.2 Minimum Sensor Supply Voltage.....	61
10.4.3 Limit Value Responses.....	62
10.4.4 Analog Output Start and End.....	63
10.4.5 Output Function.....	63
10.4.6 Reference Channel 1.....	64
10.4.7 Reference Channel 2 or Multiplexer.....	64
10.4.8 Element Flags.....	64
10.5 Device Configuration	65
10.5.1 Device Designation.....	65
10.5.2 Device Address and Networking.....	65
10.5.3 Baud Rate, Data Format.....	66
10.5.4 Language.....	66
10.5.5 Lighting and Contrast.....	66
10.5.6 Atmospheric Pressure.....	66
10.5.7 Hysteresis.....	67
10.5.8 Operating Parameters.....	67
10.6 Output Modules	67
10.6.1 Data cable.....	68
10.6.2 Relais Trigger Cable.....	68
10.6.3 Analog Output.....	69
10.7 Menu Power Supply	70
10.8 The locking and calibration menu (option KL)	71
11. TROUBLESHOOTING	72
12. ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY	73
13. APPENDIX	74
13.1 Technical Data	74
13.2 Product overview	74
13.3 Keyword index	75

3. GENERAL

Congratulations for buying this innovative ALMEMO® data logger. By means of the patented ALMEMO® connectors the device configures itself and with the help of menus and help windows the operation should not be too difficult. However, the device allows the connection of a great variety of sensors and peripherals with many special functions. For getting to know the function range of the sensors and the diverse possibilities of the device, you really should read these operating instructions and the corresponding chapters of the ALMEMO® manual. This is the only way to avoid operating and measuring errors as well as damages of the device. For a quick answer to all questions, a detailed keyword index is provided at the end of the instructions and of the manual.

3.1 Guarantee

Every device has to pass through several quality tests before leaving the works. For a perfect function, a guarantee of two years from the delivery date is granted. Before sending back the device, please pay attention to the indications in chapter 11. Troubleshooting. Should there actually be a defect, please use the original packing material for depatch if possible and enclose an expressive description of the trouble in connection with the corresponding circumstances.

In the following cases a guarantee benefit is excluded:

- After forbidden operations and changes in the device by the client
- Operating in surrounding conditions that are not valid for this product
- Using unsuitable power supply and peripherals
- Using the device in a way it is not determined for
- Damages through electrostatic discharge or flash of lightning
- Not paying attention to the operating instructions

Changes in the product features in favour of technical progress or due to new components are reserved to the producer.

3.2 Extent of the Delivery

While unwrapping the delivery, pay attention to damages of the device and to its completeness:

ALMEMO® 2890-9 measuring instrument, with rechargeable battery pack, folding stand / hook, and mains adapter ,
 these operating instructions,
 ALMEMO® Manual,
 CD with Software AMR-Control and useful accessories

In case of a transportation damage, the packing material is to be kept and the supplier is to be informed immediately.

3.3 How to deal with rechargeable batteries



Usually when the device is delivered the battery pack is not charged. First of all therefore the battery should be charged using the mains adapter provided; continue until the CHARGE lamp goes out.

A rechargeable battery pack must never be short-circuited or thrown on the fire.

Rechargeable batteries are special waste and must not be discarded together with normal domestic waste !

3.4 Special Operating Instructions

- When the device is brought from cold surroundings into the work room, there can appear some kind of dew on the electronic. At thermocouple measurements and high changes in temperature, greater measuring errors are additionally possible. Therefore, please wait until the device is adapted to the ambient temperature before operating with it.
- When connecting mains adapters the mains voltage is to be considered
- Pay attention to the maximum capacity of the power supply of the sensors
- Sensors with supply are not electrically isolated from each other.
- Do not lay the sensor cables near power lines.
- Mind the diversion of statical electricity before touching the sensor cables.
- Located on the rear of the device is a folding stand / hook (10); when this is folded out the device can be positioned at an angle for better readability.

4. INTRODUCTION

The data logger **ALMEMO**[®] 2890-9 is a new instrument from the unique product range of measuring devices that are all equipped with the **ALMEMO**[®] connector system, which has been patented by Ahlborn GmbH. The intelligent **ALMEMO**[®] connector provides important advantages with regard to the connection of sensors and peripherals as all parameters are stored in an EEPROM within the connector. As a result, the programming that usually has to be performed for the connection is not required. All sensors and output modules can be connected to all **ALMEMO**[®] measuring devices in the same way. The operation and programming is identical with all units. Therefore, all of the **ALMEMO**[®] measuring system items listed below are described, in detail, in a separate **ALMEMO**[®] manual that is supplied with every device:

- Detailed description of the **ALMEMO**[®] system (manual section 1)
- Overview of the device functions and measuring ranges (manual section 2)
- All sensors with basic principles, operation, technical data (man. section 3)
- The options for connecting existing sensors (manual section 4)
- All analog and digital output modules (manual section 5.1)
- The interface module RS232, fiber optics, Centronics (manual section 5.2)
- The entire **ALMEMO**[®] networking system (manual section 5.3)
- All functions and their control via the interface (manual section 6)
- A complete interface command list with all print outputs (manual section 7)

These operating instructions only cover features and controls that are specific for a certain device. As a result, many sections will often provide a note referring to the more detailed description within the manual (man. sect. x.x.x).

4.1 Function Range of the **ALMEMO 2890-8**

The **ALMEMO**[®] 2890-9 data logger has 9 electrically isolated measuring inputs - suitable for all **ALMEMO**[®] sensors. The measuring possibilities are virtually unlimited; there are 36 channels in the sensor connectors and 4 device-internal function channels - with over 70 measuring ranges. For operation purposes the device incorporates an LCD graphics display, a thumb-wheel, and a soft-key keypad with cursor block. User menus can be configured to adapt the display for any application. The data logger function is carried out by a real time clock and a 512kB EEPROM memory for approximately 100000 measured values. Two output sockets allow for connecting any **ALMEMO**[®] output modules, for example, the analogue output, digital interface, trigger input or alarm contacts. Several devices can be networked by simply connecting them with network cables.

4.1.1 Sensor Programming

The measuring channels are automatically programmed by the ALMEMO® connectors. However, the user can easily complete or modify the programming via keyboard or via interface.

Measuring Ranges

There are corresponding measuring ranges for sensors with a non-linear characteristic such as 10 thermocouple types, Ntc and Pt100 sensors, infrared sensors, and flow sensors (rotating vanes, thermoanemometers, pitot tubes). Humidity sensors are available with function channels that also calculate humidity data such as dew point, mixture ratio, vapour pressure and enthalpy. Even complex chemical sensors can be used. The acquisition of measured data from other sensors is easily possible by using the voltage, current and resistance ranges with individual scaling in the connector. Existing sensors can be used without problems. Only the corresponding ALMEMO® connector has to be connected using its terminals. Furthermore, there are adapter connectors with an own microcontroller for digital signals and for measuring frequencies and pulses. This way, nearly all sensors can be connected to any ALMEMO® measuring instrument and are interchangeable without requiring any settings.

Function Channels

Maximum, minimum, average values and differences of certain measuring junctions can be programmed as function channels, also in device internal channels, and can be processed and printed like normal measuring junctions. Furthermore, function channels for special measuring tasks are provided to determine the temperature coefficient $Q/\Delta T$ and wet bulb globe temperature.

Dimension

The 2 digit dimension can be altered for each measuring channel so that the display and the printout will always indicate the correct dimension, for example when a transmitter is connected. The conversion from °C to °F is automatically performed according to the dimension.

Name of Measured Values

For identification of the sensors a 10-digit alphanumeric name is provided. It is entered via the keypad or the interface and appears on the display, the printout or the computer display.

Correction of Measured Values

For correcting measured values a zero point and slope correction can be applied to the measured value of each measuring channel. This also allows for sensors to be interchanged that usually, at first, require an adjustment (expansion, force, pH). The zero point and the slope correction are virtually performed by the push of a button.

Scaling

The base value and the factor allow for a further scaling of the corrected measured value of each measuring channel for zero point and slope. The decimal point position can be set by the exponent. By setting to zero and entering the nominal value the scaling values can be automatically calculated.

Limit Values and Alarm

Two limit values (1 max and 1 min) can be set for each meas. channel. If a limit value is exceeded alarm contacts, that can be individually allocated to limit values, are provided by means of relay output modules. As a standard, the hysteresis is set to 10 digits; however, it can also be adjusted between 0 and 99 digits. Furthermore, limit value exceeding can also be used to start or stop a data logging.

Sensor Locking

All sensor data stored in the EEPROM of the connector can be protected against undesired access by means of a graded locking function.

4.1.2 Measurement

A total of up to 36 meas. channels are available for 9 transducers, i.e. it is also possible to evaluate double sensors, individually scaled sensors, or sensors with function channels. The meas. channels can be successively selected forwards or backwards via keypad. Normally, the selected meas. point is favoured, but all active meas. channels are also scanned in the background (halfcontinuously) with the conversion rate and output to the display or, if available, to the analog output. To increase the response speed at many measuring points, the conversion rate can be increased and set to continuous scan.

Measured Values

The measured values of 1 to 20 measuring points can be indicated on the display in different menus (that can also be configured) in three font sizes, as bar graph or as line chart. They are automatically acquired with auto zero and self calibration and can also be arbitrarily corrected and scaled as required. A sensor breakage condition is, with most sensors, automatically detected.

Analog Output and Scaling

By means of analog start and analog end any measuring point can be scaled so that the resulting measuring range covers the full range of the bar graph or line chart or of an analog output (2V, 10V or 20mA). The measured value of any measuring point as well as a programmed value can be output to the analog output

Measuring Functions

Special measuring functions are required for some sensors to achieve an optimal data acquisition. The cold junction compensation is available for thermocouples, a temperature compensation for dynamic pressure and pH and conductivity probes, and an atmospheric air pressure compensation for humidity

ty sensors, dynamic pressure sensors and O₂ sensors. With infrared sensors the parameters zero point and slope correction are used for background temperature and emissivity factor.

Max and Min Value

Each measurement involves an acquisition and storage of the Max value and the Min value including the time and date. The values can be displayed, printed or cleared.

Average Value

A manual averaging over a particular period, cycle or over single measurements is available for every channel.

4.1.3 Process flow control

A continuous measuring point scan with a time-based process flow control for the output of measuring values is required to register the measuring data of all connected sensors. For this purpose, an output cycle is available and, if fast processing is required, the conversation rate is available. The measurement can be started and stopped by using the keyboard, the interface, an external trigger signal, the real time clock or an exceeding of limit values.

Time and Date

The real time clock with data function or the pure measuring time are used for an accurate recording of any measurement. Start and end time/date can be programmed in order to start or stop a measurement.

Cycle

The Cycle is programmable between 1 s and 59 h, 59 min and 59 s and provides a cyclic output of measured values to the interfaces or memories and also provides a cyclic averaging.

Print Cycle Factor

If necessary, the print cycle factor allows for limiting the data output of particular channels so that an excessive data flow can be limited, especially during data storage.

Average Value over Measuring Point Scans

The measured values resulting from scanning measuring junctions can be averaged as desired either over the total measuring time or over the cycle time. Function channels are available for a cyclic output and storage of these average values.

Conversion Rate

With the ALMEMO® 2890-9 all measuring points can be continuously scanned with the conversion rate (2.5;10 or 50 M/s). To realize a high recording speed it is possible to store all measured values in the memory and/or to perform an output via the interface.

Data Memory

During the cycle, all measured values can be manually or automatically stored

in an EEPROM. The memory capacity is, as standard, 512 Kilobyte, which allows up to 100.000 measured values. The memory organisation can be configured as linear or ring memory. The output can be carried out via the display or the interface. It is possible to specify a selection according to a time interval or number. Memory capacity can be increased substantially by means of an external memory connector with a multi-media memory card. With an external memory connector, available as an accessory, files can be read out very quickly via any standard card reader.

Numbering of Measurements

By entering a number, single scans or entire series of measurements can be identified and selectively read out from the memory.

Control Outputs

Via keyboard and interface allows to individually trigger up to 4 output relays and one analog output.

Operation

All measuring and function values can be displayed in different menus on the dot matrix LCD display. 3 user menus can be individually configured from nearly 50 functions for your specific applications. Using texts, lines and blank lines allows to format the printout in an application-specific style. Nine keys (four of them are soft keys) can be used to operate the device. This also allows you to fully program the sensors, the device and the process control.

Output

All data logs, menu functions and stored measured values and programmed parameters can be provided as output to any peripheral equipment. Various interface cables can be used to provide a RS232, RS422, Centronics or Ethernet interface. The output of measuring data can be selected in list format, columns or spreadsheet format. Files in spreadsheet format can be processed by each spreadsheet software. The print header can be programmed specifically to the company or application.

Networking

All ALMEMO® devices can be addressed and can be easily networked by simply linking them using network cables, or RS422 network distributors for longer distances.

Software

The AMR-Control software, which allows for the entire programming of the sensors, the configuration of the measuring instrument, of the user menus and the read-out of the data memory is supplied with each ALMEMO® manual. The integrated terminal also allows for online measurements. The WINDOWS® software WIN-Control is available for data acquisition of networked devices, graphical presentation and complex data processing.

5. INITIAL OPERATION

Sensor connection Connect transducers to the sockets **M0** to **M8** (1), s. 7.

Power supply with accumulators or mains adapter on **DC (5)** s. 6.1, 6.2

Switch-on Move the left slide switch (1) upwards, s. 6.5

Automatical display of the last measuring menu, s. 9.

Menu selection **MEAS.-Menus:** call up with key:

e.g. select menu **StandardDisplay**, s. 8.1

Call up the menu with key:

Select meas. point (s. 9.1.1) with keys:

Select function **Max/MinVal** (s. 8.4) with:

Clear max/min values, s. 9.1.2

keys:

<ESC> or **F4**

▲ / **▼** ... (**F**)

▶

▲ / **▼** ... (**M**)

PROG, **▼** ...

<CLR> or **F1**

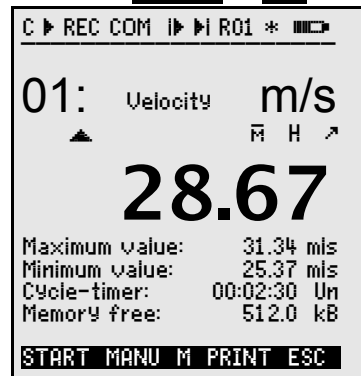


F1 **F2** | **F3** **F4**

▲

◀ **ON PROG** **▶**

▼



F1 **F2** | **F3** **F4**

▲

◀ **ON PROG** **▶**

▼

Output of measuring data or memory via interface:

- Connect peripheral device, via data cable, to socket **A1** (3), s. man. 5.2

- Set 9600bd, 8 data bits, 1 stop bit, no parity at peripheral device

Single output/storage, s. 9.3.1

Cyclic measurement: Select **Cycle-Timer** :

Enter cycle (hh:mm:ss) s. 8.5

Output format list ' ', columns 'n', table 't'

Stop programming

Start/stop the cyclic measurement, s. 9.3.2

<MANU> or **F2**

PROG, **▼** ...

Cycle-Timer: 00:05:00Sn

<FORM> or **F3** ...

<ESC> or **F4**

<START>, **<STOP>** or **F1**

Output of memory data to printer or computer:

Select the function **Memory Free** with:

Memory data output, s. 10.2.6

Clear memory, s. 10.2.6

PROG, **▼** ...

<PRINT> or **F3**

<CMEM>


6. POWER SUPPLY

Power can be supplied to the instrument in any of the following ways :

Rechargeable battery pack,	
NiMH 7.2 volts / 1600 mAh, internal or supplementary	ZB 2590-AP
Mains adapter / charge adapter, 12 volts, 0.8 A	ZB 2590-NA
Power supply cable (10-30 volts DC, 1 A), electr. isol.	ZB 2590-UK

Our product line includes corresponding accessories.

6.1 Rechargeable battery operation and supply voltage monitoring

The standard power supply used for this device is a rechargeable battery pack with 6 NiMH cells (7.2 volts / 1600 mAh). At a current consumption of approx. 37 mA this will operate for approx. 43 hours. If the lighting is switched on continuously the operating time drops to approx. 16 to 32 hours (depending on brightness). To prolong the operating time for the purposes of long-term recording the device can be left in SLEEP mode. (see 10.2.5). The operating voltage can be checked in the “**Power supply**” menu; this gives you a basis for estimating the remaining operating time. (see 10.7). As soon as the remaining battery capacity drops to approx. 10% the  symbol in the status line of the display starts to flash. As and when this happens the battery should be recharged using the mains adapter provided (12 volts, 0.8 A) (ZB 2590-NA); delay may result in critically low discharge and damage the battery. (see 6.2). The NiMH rechargeable batteries can in fact be recharged at any time and in any charge status using the intelligent charge circuitry. If the batteries are completely discharged, the device will switch off but measured data and the time-of-day will be maintained in the battery-buffered memory. (see 6.6) To continue operation without having to wait you can replace the discharged battery with a supplementary battery pack (ZB 2590-AP).

6.2 Mains Operation

To supply the device with power from an external source or to recharge the batteries the mains adapter provided (12 volts / 0.8 A) (ZB 2590-NA) must be connected at socket DC (5). Please ensure the mains voltage is correct ! When the mains adapter is plugged in the green “CHARGE” LED lights up indicating that the batteries are being recharged. After approx. 2.5 hours the batteries are recharged and the LED goes out again; i.e. the charge circuitry has switched over to trickle charge. The mains adapter can thus be left permanently connected to the measuring instrument in buffer mode without risk of overcharging the batteries.

6.3 External DC Voltage Supply

It is also possible to connect another DC voltage (6-12 volts $\pm 5\%$, minimum

800 mA) to socket DC (5). This must be connected using a low-voltage connector (NES1 as per DIN 42323) with its center pin to minus. If, however, the power supply has to be electrically isolated from the transducers or if a larger input voltage range (10-30 volts) is required, then electrically isolated supply cable ZB 2590-UK must be used. It will then be possible to use the measuring instrument in a 12-volt or 24-volt on-board supply system.

6.4 Sensor Supply

At the terminals + (plus) and - (minus) in the ALMEMO® connector there is a configurable sensor supply voltage available (self-healing fuse, 500 mA). The sensor is programmed by default to 9 volts (150 mA); it can if necessary be programmed in the **POWER SUPPLY** menu to 12 volts (100 mA) instead. (see 10.7) In mains operating mode the sensor voltage is set automatically to 12 volts. Other voltages (12, 15, or 24 volts or references for a potentiometer and strain gauge) can be obtained using special connectors. (see Manual. Sections 4.2.5 and 4.2.6)..

6.5 Switch On/Off, Reinitialisation

To switch on or off use the slide switch (1) located on the left side of the device.

- up ON
- down OFF

The measuring menu most recently selected always appears first in the display.

After the device is switched off the real-time clock continues to run and all saved values data and settings are retained intact. (see 6.6).

If interference (e.g. electrostatic) or a malfunction (e.g. battery failure) causes the device to behave abnormally, the device can be reinitialized. You can activate this reset by pressing key **F1** when switching on. You can restore all device programming (including times, device designation, user menus, etc.) to the factory default settings by pressing key **F4** when switching on. Only the programming of the sensors in the ALMEMO® connectors remains unaffected.

6.6 Data buffering

The sensor programming is stored in the EEPROM of the sensor connector, the calibration and the programmed parameter of the device is fail-safe stored in the EEPROM of the device. Time and date are buffered by a lithium battery so that storage of the data is also guaranteed without batteries and when the device is switched off.

7. CONNECTION OF THE TRANSDUCERS

Any ALMEMO® sensors can be connected to the ALMEMO® input sockets M0 to M8 of the measuring instrument (2). For connecting existing sensors it is only necessary to connect a corresponding ALMEMO® connector.

7.1 Transducers

A detailed description of the comprehensive ALMEMO® sensor range (see manual section 3) and the connection of existing sensors (see manual section 4) to the ALMEMO® instruments are provided in the ALMEMO® manual. All standard sensors with ALMEMO® connector usually have the measuring range and dimension already programmed and can be immediately connected to any input socket. A mechanical coding ensures that sensor and output modules can only be connected to the correct sockets. Furthermore, each ALMEMO® connector has two locking levers that snap in when the insertion into the socket is established and that prevent a disconnection caused by pulling the cable. Both levers must be pressed on the sides for disconnecting the connector.

7.2 Measuring inputs and Additional Channels

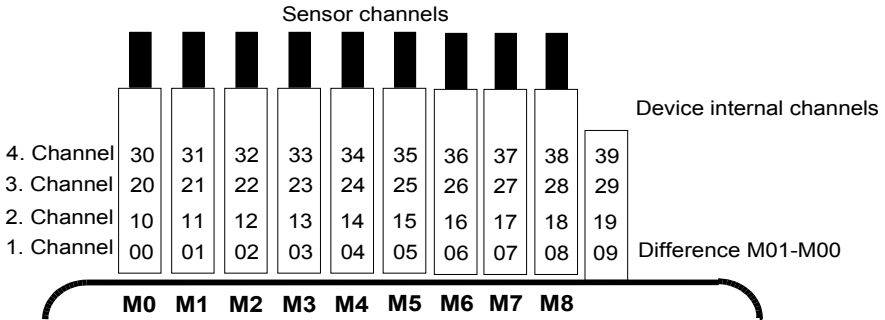
The measuring instrument ALMEMO 2890-9 has 9 input sockets (2) that the measuring channels M0 to M8 are initially allocated to. However, ALMEMO® sensors can, if required, provide up to 4 channels so that 36 channels are available with 5 input sockets. The additional channels can be especially used with humidity sensors with 4 measuring variables (temperature/humidity/dew point/mixture ratio) or used for function channels. If required, the sensor can also be programmed with several ranges or scaling or, depending on the pin assignment, 2 or 3 sensors can be combined in one connector (e.g. rH/Ntc, mV/V, mA/V etc.). The additional measuring channels of a connector are increased in steps of 10 (e.g. the first sensor has the channels M0, M10, M20, M30, the second sensor has the channels M1, M11, M21, M31 etc.).

Device-internal channels:

An innovation on this device is its four extra additional channels. The first of these M5 is programmed by default as differential channel M1 – M0. This only happens, however, if there are two sensors with the same units and same decimal point position connected at measuring points M0 and M1. However, all four channels can be programmed with any other function channels (e.g. U-Bat, CJ, average, volume flow, etc.); (s. 10.3.10, man. 6.3.4). Mb1 = M1 and Mb2 = M0 are always used as reference channels by default.

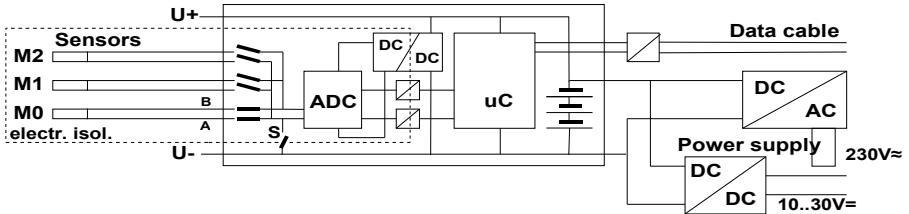
Advantage of the device-internal channels: If several sensors are being used for the same application, they do not have to be reprogrammed and can be freely exchanged without losing their function channels. If, however, the whole application operates with just one sensor, then programming in the sensor itself makes more sense.

On the measuring instrument this gives the following channel assignment:



7.3 Isolation

When building up a working measuring arrangement, it is very important that there cannot flow any compensation currents between sensors, power supply and peripherals. This is the case when all measuring points are on the same potential or when unequal potentials are electrically isolated.



The 9 analog inputs are electrically isolated from each other by means of photovoltaic relays and - on this device for the first time - also from the device itself and from the power supply by means of optocouplers. Between all inputs and outputs (even the analog output cables which are not electrically isolated) the maximum potential difference permitted is 50 volts. The voltage at the measuring inputs themselves must not exceed 12 volts (between B, C, D, and A).

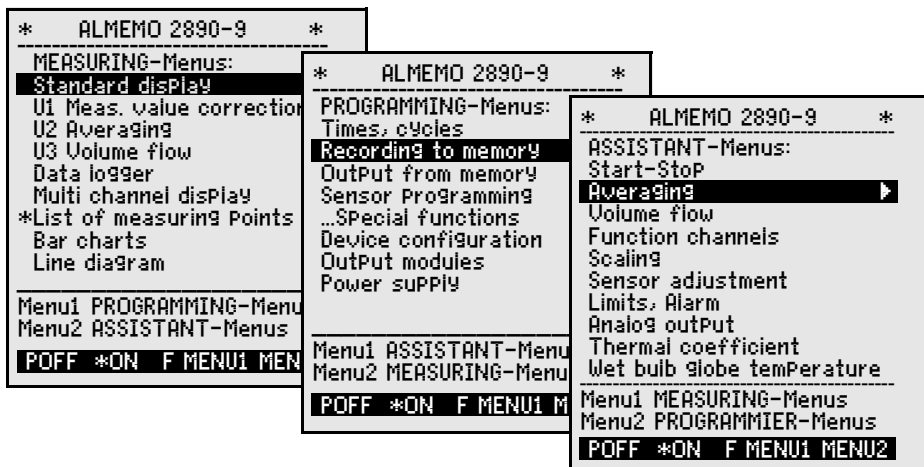
However, the following are not electrically isolated : all sensors which are connected to the common internal power supply $\pm U$ or combined sensors within one connector. The sensors must themselves be isolated or the device must be operated with an electrically isolated power supply (mains adapter or connecting cable ZA2690-UK with DC/DC converter). For these sensors the electrical isolation must be disabled by means of switch S (see above) or by wire; some inputs would otherwise be left without reference potential. (see 10.5.8) Configuration is by means of element flag 5 'ISO OFF'; this is usually set automatically the first time the device is connected. With certain connectors (especially divider connectors without power supply) element flag 5 should be checked and if necessary corrected.

Data and trigger cables are also isolated by means of optocouplers.

8. DISPLAY AND KEYPAD

8.1 Display and Menu Selection

The display (6) of the measuring instrument ALMEMO 2890-9 consists of a dot matrix LCD display with 128x128 dots, or 16 lines with 8 dots. For the acquisition of measuring data with the required functions and for the programming of the process control, the sensors and the device parameters, 3 categories of menus are available: Measuring-Menus (s. 9), Programming-Menus (s. 10) and Assistant-Menus, which can be called up over corresponding selecting menus. Of the 9 measuring menus, there are 3 'user' menus U1, U2, U3, which are freely definable by the user (s. 9.7).



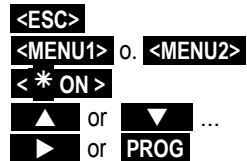
If necessary, call up the menu selection using the key:

If necessary, select the desired menu selection with key:

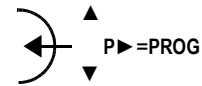
Switch on the **Display Lighting** in 3 levels (s. 10.5.5)

Select the menus using the keys:

Call up the selected menu with key:



Or, alternatively, the thumb-wheel (7) on the right side of the device can be used, rotating it upwards or downwards and then pressing to confirm.



Back to the last meas. menu using the key once:

Back to the last programming menu using the key again:

Back to the menu selection with key:



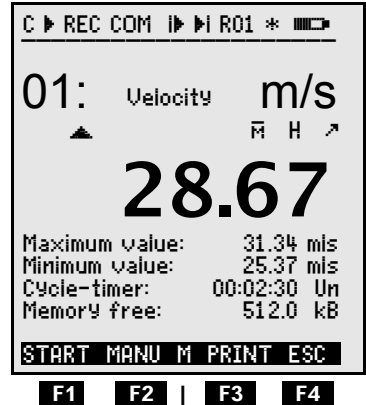
The device designation in the header line can be as easily programmed (s. 10.5.1) as the menu titles of the user menus (s. 9.7).

8.2 Function Keys

The function of the keys **F1** to **F4** (8) can be different in the various menus. It is indicated by abbreviations in the bottom line of the display (soft keys). In the manual the soft key abbreviations are set in angle brackets, e.g. **<START>**.

Next to the meas. value, control symbols for the meas.value are displayed (s. below).

The following keys are available in the **Standard display** (s.r.):



Selection of measuring points with the cursor keys (8)

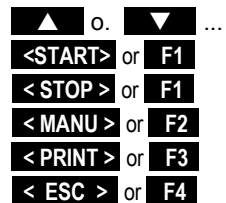
Starting a cyclic measurement

Stopping a cyclic measurement

Single **manual output**/storage of all measured values

Output of menu functions via the interface

Returning back to the menu selection



8.3 Control Symbols

Symbols for monitoring the state of the device in the status line:

Continuous measuring point scan: C

Measurement stopped or started: ii or ►

Measuring point scan started including storing: REC

Measuring point scan started incl. output via interface: COM

Start/end time of measurement is programmed: i► or ►i

Relay status (external output module) off or on: R-- or R01

Display illumination switched on or pause: * or *

Batt./accumulator charge state: 100% charged, 50% charged, discharged: flashes

Symbols for checking the measured value (see above)

No sensor, measuring point deactivated: '-----'

Measured value altered by sensor correction or scaling: ↗

Averaging in progress: M

Output function altered (s. 10.4.5): D, H, L, M, A

Exceeding of limit value Max or Min: ▲ or ▼ flashes

Exceeding of measuring range: display of max. value O flashes

Undershooting of meas. range: display of min. value U flashes

Sensor breakage sensor voltage Lo :display '-.--' B flashes / L flashes

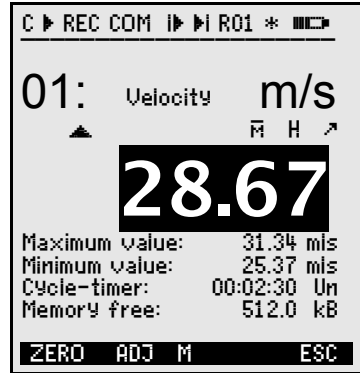
Supply voltage too low for measurement: display switched off

8.4 Function Selection

Each menu consists of a number of functions that, possibly, have to be used or programmed during operation.

Help window at function selection:

To set measured value to zero. Press key: ZERO
 To adjust sensor in zero Point (slope) Press key: ADJ



Selection of the functions.

First changeable parameter is highlighted as inverse coloured font on a black bar:

In the middle of the softkey line appears for control:

Switching to the next function:

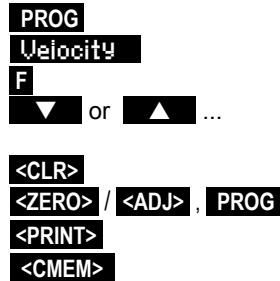
Depending on the functions, the keys up **F1** to **F3**

provide corresponding functions, e.g. MaxValue Clear

Meas. value Set to zero, Meas. value Adjust

Memory data output

Memory Clear



8.5 Data Entry

If a programm. parameter is selected (s. 8.4) you can enter or clear the value.

Clearing the programmed values

For programming, press the key

Then you are in the **input mode**

the cursor flashes below the first cursor position

Increasing the selected number with

Decreasing the selected number with

Changing the sign of numerical values

Selecting the next position

the cursor flashes below the second digit

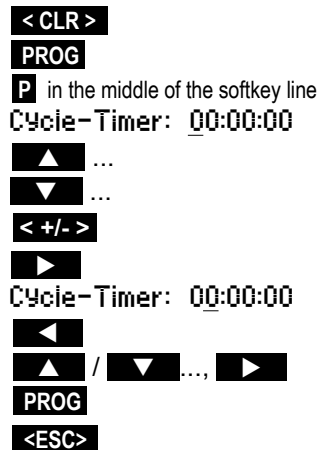
Switching back to the previous digit

Each digit is programmed analogously to the first one

Quitting the data entry

Cancelling the programming process

Or, alternatively, input can be made using the thumb-wheel (7). To start press (P), then set value by rotating (▲▼), then press again, etc..



9. MEASURING USING MEASURING-MENUS

After the first switch-on, the device shows the menu **Meas. Points list** (s. 9.5.3). It offers a good overall view over the whole measuring system. This is also where to control, if time and date are right. If not, there is the possibility to programm them immediately (s. 8.4 and 8.5). Additionally, you can already see continuously the measured values of all connected sensors and measuring channels. It is even possible to assign extra additional functions like comment, range, max values and limits with the cursor keys **▲** or **▼**. If you programm the cycle timer (s. 9.3.2) you can start the first measurement with the key **<START>** and cyclically record the measured values. If a printer or terminal is connected, all values are also put out online. After selecting the channels, it is also possible to programm measuring points. To select other measuring menus, press key **<ESC>**.

```

C ▶ REC COM ▶ ▶ R01 * ◀▶
-----
Meas.Points list: Comment
Time: 12:34:56 Date: 01.01.04
Cycle-timer: 00:00:30 nS
00: 23.12 °C Temperatur
01: 11.37 mis Velocity
02: 123.4 mV U2.4
10: 53.6 %H r.Humidity
20: 15.2 °C Dew Point
30: 11.2 g/k a.Humidity
-----
START MANU F PRINT ESC
  
```

Menu selection

The data logger 2890-9 provides a series of prefabricated measuring menus for a best possible display of the measured values and corresponding function values. They are called up in the selection **MEASURING-Menus** and differ in the number of measuring points (1 to 20), in the display of measured values in different sizes of the digits (4, 8, 12 mm) or as bar or line chart and in the arrangement of functions. If this does not come up to your expectations you can arrange the 3 user menus U1 to U3 yourself from over 50 functions (s. 9.7).

```

* ALMEMO 2890-9 *
-----
MEASURING-Menus:
Standard display ▶
U1 Meas. value correction
U2 Averaging
U3 Volume flow
Data logger
Multi channel display
*List of measuring Points
Bar charts
Line diagram
-----
Menu1 PROGRAMMING-Menus
Menu2 ASSISTANT-Menus
-----
POFF *ON F MENU1 MENU2
  
```

Call up the menu selection with key:

<ESC>

Select a menu with keys:

▲ or **▼** ...

Call up the selected menu with key:

▶ or **PROG**

The most important functions for controlling the measuring operation are already available in the measuring menus and can be programmed there directly.

For a special programming of the sensors or the device, there are extra **PROGRAMMING -Menus** and for special functions **ASSISTANT -Menus**.

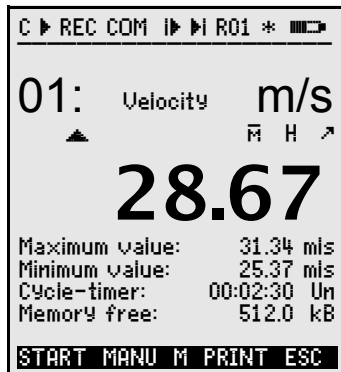
They are selected with the keys:

<MENU1> or **<MENU2>** .

9.1 Measuring with one Measuring Point

Standard display

The menu **Standard display** shows a measuring point in the largest display with measuring point, comment and dimension. Some symbols serve for the control of the status of measured values (s. 8.3). The functions maximum and minimum value are described in 9.1.2, cycle timer in 9.3.2 and memory free in 9.3.3.



9.1.1 Selecting the Measuring Point

The key **▲** allows for successively selecting all active meas. points including the display of the current meas. value(**M** in the middle of the softkey line). If the key **▼** is pressed, the previous channel is again indicated. By selecting the meas. channel the input channel is, at the same time, also selected.

Increasing the meas. channel using the key: **▲**

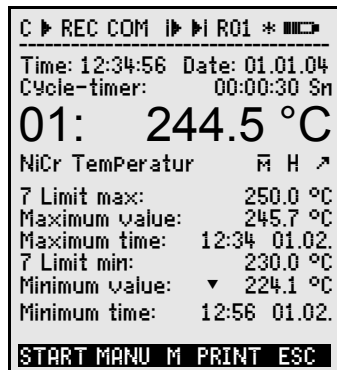
Decreasing the meas. channel using the key: **▼**

- Alternatively, the meas. points can be selected using the thumb-wheel (7).

9.1.2 Peak Value Memory with Time and Date

The highest and lowest value, including the time and date, will each time be determined and stored from the acquired measured values of each measuring point. The functions listed below are available to display these values, function channels are available put them out (s. 10.3.10).

The software AMR-Control can be used to easily load or configure the menu **Monitoring** with Max/Min times (illustrated on the right) as a user menu (s. 9.7).



Function Maximum Value:

Function Minimum Value:

Function Time and Date of Maximum Value:

Function Time and Date of Minimum Value:

To clear, select function (s. 8.4):

Clear single value with key:

Maximum Value: 245.7 °C

Minimum Value: 224.1 °C

Max Time: 12:34 01.02.

Min Time: 12:56 01.02.

Maximum Value: **245.7 °C**

<CLR>

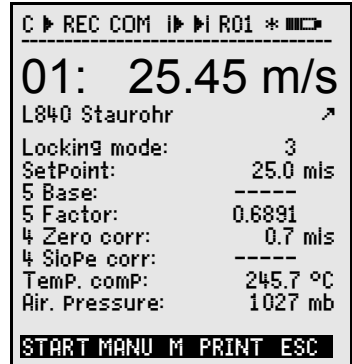
Clear Max, Min and Avg. Values of all channels:

<CLRA>

Due to the continuous measurement the current measured value will be immediately displayed after the clearing process. Furthermore, the peak values are cleared at each start of a measurement, if the device has been correspondingly configured (standard setting, s. 10.5.8).

9.2 Correction of the Meas. Value and Compensation

To achieve a maximum accuracy of measurements it is possible to correct the zero point of the sensors in all menus by pushing a button. Additional correction functions are provided in the 'User Menu' **UI Meas. Correction** (selection s. 8.1). By entering a setpoint the correction value will be automatically calculated and stored in the sensor connector. A corresponding compensation is provided for sensors, which are affected by the ambient temperature or the atmospheric pressure.



9.2.1 Setting the Meas. Value to Zero

The user can zero the measured value at certain locations or at certain times in order to check the deviation from this reference value. After selecting the function Meas. Value (s. 8.4) in any menu, a help window shows you all possibilities of correction of the measured value. The keys **<ZERO>**, **PROG** can be used to store the displayed measured value as base value and, as a result, to set it to zero.

Function select **Measuring Value:**

00: 23.4 °C

Function **Set Measuring Value to Zero:**

<ZERO>

Carry out with key:

PROG

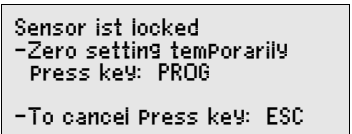
Measuring Value:

00: 00.0 °C ↗

Base Value:

Base: 23.4 °C

If the function is locked (s. 10.3.4), the base value is not stored in the connector, but only temporarily in the RAM until switch-off.



As long as the deviation from the base value is indicated (instead of the actual measured value) the symbol ↗ appears in the display.

The base value must be cleared in order to re-obtain the actual measured value (s. 10.3.6).

9.2.2 Zero Point Adjustment

Many sensors must be adjusted at least once or at regular intervals to compensate for instabilities. For this purpose, a specific **zero point adjustment** is available, in addition to the 'Set Meas. Value to Zero' mentioned above, for not influencing the scaling. In this function the zero point error is not stored as base but as **zero point correction** (s. 10.3.7).

Select function **Measuring Value**:

Function **Zero Point Adjustment** using the key:

Carry out with key:

Meas. Value:

Zero Point:

00: 01.2 °C

<ADJ>

PROG

00: 00.0 °C ↗

Zero Point: 01.2°C

If the function is locked more than 3 (s. 10.3.4), a help box announces that the function can only be unlocked momentarily for adjustment, for a permanent storage of the correction values in the connector.

```
Sensor ist locked
-Zero setting temporarily
Press key: PROG

-To cancel Press key: ESC
```

Unlock momentarily for adjustment with key:

<FREE>



If a base value has been programmed, the measured value indicated after adjustment is not zero but the negative base value.



In the case of **dynamic pressure probes** the zero-point error is always written temporarily (i.e. until you switch off) to the calibration offset - even if the channel is locked.

9.2.3 Sensor Adjustment in the case of chemical sensors

In the case of the following sensors, with **<ADJ>** (s. 9.2.2), you get automatically from the function measured value to the assistant menu **Sensor adjustment**, for a **two-point adjustment of zero point and slope**. The corresponding calibration value setpoints are already entered, but can also be changed:

Probe:	Type:	Zero Point	Slope
pH probe:	ZA 9610-AKY:	7.00	4.00 pH or 10.00 pH
Conductivity:	FY A641-LF:	0.0	2.77mS/cm
	FY A641-LF2:	0.0	147.0uS/cm
	FY A641-LF3:	0.0	111.8mS/cm
O₂ saturation:	FY A640-O2:	0	101 %

If required, temperature and air pressure can also be entered here for compensation. (s. 9.2.5 and 9.2.6)

```
SENSOR ADJUSTMENT
-----
Select measuring channel:
01: 7.23 PH PH-Wert
Temp.Compensation: 25.0 °C
Air Pressure 1013. mb
Zero Point:
SetPoint 1: 7.00 PH
01: 7.00 PH PH-Wert

Slope:
SetPoint 2: 10.00 PH
01: 10.00 PH PH-Wert
Slope error: -10.8 %

START MANU M PRINT ESC
```


1. Setting up a means of calibration for the zero point:

Select function **Setpoint 1**: SetPoint 1: 07.00 PH
Zero point adjustment with key: <ADJ>
 The adjustment meas. value is recorded: 00: 07.00 PH ↗



In the case of pH probes, the standard values, base value 7.00 and slope -0.1689, can be restored by pressing the key <CLEAR>.

2. Setting up a means of calibration for the slope:

Select function **Setpoint 2**: SetPoint 2: 10.00 PH
Slope adjustment with key: <ADJ>
 The adjustment meas. value is recorded: 00: 10.00 PH ↗
 The slope shows approximately: SloPe: -0.1689
 The **slope error** shows the deviation from the nominal value and therefore the state of the probe: SloPe error: 9 %



If the sensors are locked, they can be momentarily unlocked by pressing the key <FREE>.

9.2.4 Two-point Adjustment with Setpoint Entry

In the menu U1 Meas.Correction a two-point adjustment is also possible for other sensors. Additionally to the zero point adjustment 9.2.2, the slope can be corrected with a second measuring point using the function SetPoint. Pressing a button, the correction factor is automatically determined and stored in the sensor connector.

1. Zero point adjustment

Set sensor to the **zero state**
 (ice water, unpressurized etc.),
 Set the meas. value to zero by using (s. 9.2.2). <ZERO> / <ADJ>, PROG

2. Final value adjustment

Put sensor to a defined **setpoint** 00: 098.7 °C
 ((boiling water, known weight etc.)
 At **ALMEMO force transducers**, switch on/off
 the calibration resistor (s. man. 3.6.2) with: <ON> or <OFF>
 Enter the **setpoint** in function 'Setpoint': SetPoint: 100.0 °C
Calibrate the meas. value in function 'Setpoint': <ADJ>

Afterwards, the meas. val. should indicate the setpoint. 00: 100.0 °C



If the sensor is locked with 4 or momentarily unlocked with the key <FREE>, the correction factor is programmed as 'factor'. If the locking level is set <= 3, the correction factor is programmed as slope correction (s. 10.3.7).

9.2.5 Temperature Compensation

Sensors with measured values that are strongly depending on the temperature of the measuring medium are, in most cases, equipped with a specific temperature sensor and the instrument will automatically perform a temperature compensation (s. 10.3.9 measuring range list 'w. PC'). However, dynamic pressure probes and pH probes are also available without a temperature sensor. If the temperature of the medium deviates from 25°C the following measuring errors must be considered:

e.g. error per 10 °C:	Compensation range:	Sensor:
Dyn.press: approx. 1.6%	-50 to 700 °C	NiCr-Ni
pH probe: approx. 3.3%	0 to 100 °C	Ntc or Pt100

The temperature compensation can either be performed automatically using the reference channel and external temperature sensors or manually by using the function **Temp Comp** e.g. in the menu **Meas.Correction** and entering the temperature:

Entering the compensation temperature in the function: **Temp Comp: 31.2°C**

9.2.6 Atmospheric Pressure Compensation

Some measuring variables depend on the environmental atmospheric pressure (s. 10.3.9 measuring range list 'w. PC'). As a result, higher deviations from the normal pressure of 1013mbar can cause corresponding measuring errors:

e.g. error per 100 mbar:	Compensation range:
Rel. humidity psychrometer approx. 2%	500 to 1500 mbar
Mixture ratio, cap. approx. 10%	vapour pressure VP to 8 bar
Dynamic pressure approx. 5%	800 to 1250 mbar (error < 2%)
O ₂ saturation approx. 10%	500 to 1500 mbar

Therefore, the atmospheric pressure should be considered (approx. -11mb/100m over mean sea level, MSL) especially during use in a corresponding height above sea level. It can either be programmed (s. 10.5.6) or measured with a reference sensor (reference sensor marked with comment '*P' s. man. 6.7.2).

The function **Atmospheric Pressure** can be integrated into any user menu or be set in the standard menu **Device Configuration**:

Entering the atm. pressure in function 'Atm. Press.': **AtmPress: 1013. mb**

With each reset the atmospheric pressure is set to 1013mb. It can be set to the current value by the usual data entry (s. 8.5). If it is measured, the measured value will be displayed.



Please note that the last measured value will be retained when a reference sensor is being disconnected.

9.2.7 Cold Junction Compensation

Cold junction compensation (CJ) for the thermocouples is normally performed completely automatically. On this device, with 9 sockets, to ensure the highest possible degree of accuracy - even in difficult thermal conditions (e.g. thermal irradiation) the socket temperatures are acquired by means of two precision Ntc sensors in measuring sockets M0 and M8 and then calculated by linear interpolation. The mean cold junction temperature is displayed as an operating parameter in the device configuration. (s. [10.5.8](#))

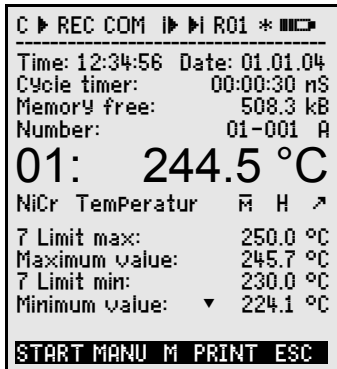
It can be incorporated if necessary in measured data acquisition as a device temperature with function channel "CJ" (s. 10.3.10) Instead of this form of cold junction temperature measurement it is also possible to use an external measuring sensor (Pt100 or NTC) in an isothermal block (see Manual, section 6.7.3); this must be positioned upstream from the thermocouples and "*"J" must have been programmed in the first two positions in the comments (s. 10.3.2).

For especially exacting requirements (e.g. for thermocouples for which there is no connector with thermo-contacts or for large temperature differences caused by thermal irradiation) there are special connectors available for cold junction compensation each with its own integrated temperature sensor (ZA-9400-FSx). These can be used for all thermocouple types; however, they require two measuring channels. Having "#J" programmed in the first two positions in the comments for the thermocouple ensures that the temperature sensor integrated in the connector is indeed used for cold junction compensation.

9.3 Measuring point scans and Output

Measuring point scans can be used to acquire the measured values of all measuring points at particular times, either manually or cyclically over a period of time, which means to store or to record on printer or computer (s. man. 6.5).

For this purpose, the menu **Data logger**, e.g., is available:



9.3.1 Single Output / Storage of all Measuring Points

Single manual measuring point scans for acquiring the momentary measured values of all active measuring points (s.man. 6.5.1.1) can be triggered by the key **<MANU>**. If the true time of day has to be indicated, it must first be set (s. 10.1.1). The output format can be set in the function **Cycle Timer** (s. 9.3.2).

Single manual measuring point scan:

<MANU>

The following symbols will, **for a short period**, be indicated in the **status line**:

The start arrow will light up and then go off again

►

Lightening up in case of data output via interface

'COM'

Indicated when measured values are being stored (s. 10.1.2)

'REC'

Each time the key is pressed again after this, the measured values are equally processed with the corresponding measuring time.

9.3.2 Cyclic Output / Storage of all Measuring Points

For cyclic outputs of measured values (s. man. 6.5.1.2) and recording, the cycle and the output format have to be programmed. The measurement can be **started** by pressing the key **<START>** and **stopped** with the key **<STOP>**. At each start of a measurement the max, min and average values of all measuring points are cleared, if the device has been correspondingly configured (standard setting, s. 10.5.8).

The function **Cycle Timer** indicates the cycle as long as a measurement has not been started. After selecting the function (s. 8.4), the cycle can be entered immediately (s. 8.5). After starting a measurement you can see the timer counting down to the next cycle.

Function **Cycle Timer** :

Cycle Timer: **00:02:00 S**

Cycle (hh:mm:ss), Memory On, Format List

The key **<FORM>** can be used as the quickest way to set the required Output Format (printouts s. man. 6.6.1).

Change format:	<FORM>
Format columns next to each other 'n':	Cycle Timer: 00:02:00 Sn
Change format:	<FORM>
Format table 't':	Cycle Timer: 00:02:00 St

Starting a cyclic measuring point scan with key: **<START>**

For control purposes the following symbols will **continuously**, i.e. for the whole meas.period, be indicated in the **status line**:

The start arrow lights up	▶
Lightening up in case of a data output via interface	'COM '
Indicated when measured values are being stored (s. 10.1.2)	'REC '

Stopping a cyclic measuring point scan with key: **<STOP>**

⏏

9.3.3 Memory space, Memory Output, Clearing the Memory

The function **MemoryFree** allows, during recording of measuring data, to continuously monitor the available memory space. By selecting this function, two soft keys are available for a direct output and clearing of the memory. The output format corresponds to the setting in the cycle (s. 9.3.2 and 10.1.2)

Function MemoryFree e.g.:	MemoryFree: 0378.4 kB
Memory data output (s. 10.2.6):	<PRINT>
Clear memory:	<CMEM>

9.3.4 Output of Menu Functions

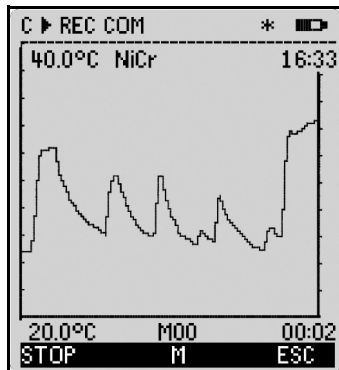
Each data menu, together with all displayed functions, can be output via interface to a printer or computer (connection of peripheral devices, see manual 5.2). If you have selected the standard display, pressing the key **<PRINT>** leads to a printout of the following listing:

Print data menu:	<PRINT>
Meas. point, meas. value, designation:	01:+0023.5 °C Temperature
	MAXIMUM: 01:+0020.0 °C
	MINIMUM: 01:-0010.0 °C
	PRINTTIMER: 00:01:23
Total memory capacity, free mem. in kB	MEMORY: S0512.1 F0324.4 A

The listing of the individual functions is given in section 6.6.1.

9.3.5 Displaying Measured Values as a Line Diagram

When using the menu **Line diagram** the meas. value of the selected channel is indicated as a line chart with 100x200 dots as soon as a measurement is started. The curve continuously moves from the right to the left, the time resolution is determined by the **cycle**, each scan involves one point (dot). Therefore, time data for the whole t axis is given as (days) hours:minutes in the bottom right corner. In this mode, the curve is also updated during an active measurement, if the user leaves the menu (in this case, do not change the meas. point!).



Limits, if activated, are entered as dotted lines.

The functions **Analog Start** and **Analog End** of the menu **Special functions** (s. 10.4.4) can be used to set the display range of the y-axis. They can also be entered directly at the axis using the key **PROG**.

Displaying a measured value as line chart:

Enter the cycle in the menu **Times - Cycles**.

Time axis 120 x 5s = 10min:

Select meas. channels using the keys:

Scaling the y-axis with key:

Analog end at the upper end:

Change value (s. 8.5) with the keys:

Analog start at the lower end as above.:

Stop input:

Start measurement:

Stop measurement:

Cycle: 00:00:05
00:10
▲ or ▼ ...
PROG
40.0 %H
PROG, ▲ / ▼ ..., ► ...
▼ 20.0 %H
<ESC>
<START> 'i'
<STOP > 'ii'



Channel switching is blocked during the measurement!

At each start and at each channel switching the line chart will be cleared!

9.4 Averaging

The **average value** of the measured value is required for various applications:

e.g. Smoothing of a largely varying measured value (wind, pressure etc.).

The average flow velocity in a ventilating channel.

Hourly or daily average values of weather data (temp., wind etc.).

As above, of consumption values (current, water, gas etc.).

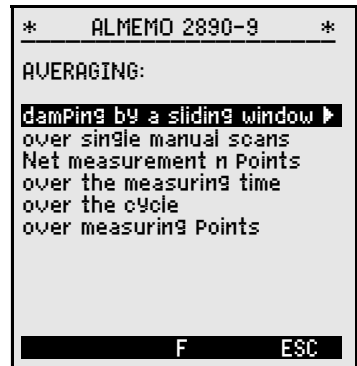
The average value \bar{M} of a measured value results when a number of measured values M_i are added together and then divided by the number N of the measured values:

$$\text{Average value } \bar{M} = \left(\sum_i M_i \right) / N$$

There are several different averaging modes in the ALMEMO 2890-9:

Attenuation of measured values of the selected channel with a sliding averaging window, averaging over single measurements of place or time (also as net measurement according to the guidelines from VDE), averaging over the whole measuring time, over cycles or over several measuring points.

You can call up an own assistant menu for all modes to put in the necessary parameters and to learn the operation by help windows.



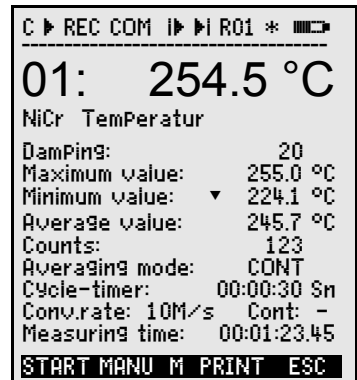
Measuring menu Average Value :

However, most of the averaging functions can also be carried out directly in a measuring menu, e.g. the 'User menu' U2 Averaging. The operation of the different modes is explained with help windows during the programming of the averaging mode, e.g.

```

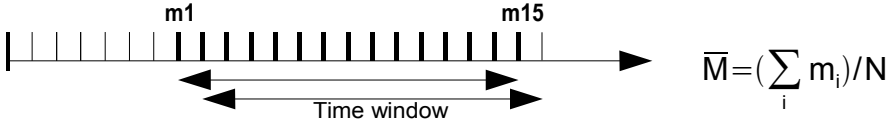
Averaging: CONT
-over whole measurement
with key: START/STOP
-over single manual scans
with key: MANU
  
```

To calculate the volume flow from average velocity and cross-section of a flow conduit, there is a 'User meas. menu' U3 Volume flow (s. 9.4.9) as well as a assistant menu Volume flow.



9.4.1 Damping of Meas. values by a Sliding averag. window

The first possibility of averaging concerns only the measured value of the indicated channel and helps to damp measured values of an unstable or strongly fluctuating nature, e.g. particular turbulent flows by means of sliding averaging over a time window. The **Level of damping** can be set via the function **Damp-Ping** over the number of the respective taken values within the range of 0 to 99. The smoothed measured value also applies for all subsequent evaluation functions. Damping can thus also be used in conjunction with averaging over single measured values (s. 9.4.3) or at net measurements (s. 9.4.4).



Meas. value damping over e.g. 15 values with: **DampPing:** 15

Continuous scanning should be switched off, because otherwise the conversion rate would be reduced too much with many measuring points:

Conv.rate: 10M/s **Cont:** -



Time constant (s) = smoothing / (measuring rate * measuring points + 1)
is calculated and displayed by the averaging wizard.

9.4.2 Averaging Mode

A detailed description of averaging over measuring point scans is given in the manual section 6.7.4. The type of averaging is determined through the function **Averaging Mode**. With the averaging mode and the corresponding operation the following modes can be set:

Function no averaging: **Averaging Mode:** -----

Averaging over single measurements with MANU or all measured values from START to STOP:

CONT

Averaging over all measured values of a cycle:

CYCL

Lightening up for control purposes if averaging is in progress:

F

Display of the average value in the function

Average value 12.34 m/s



For recording average values a function channel with the range M(t) or the corresponding output function M(t) is required instead of the measured value. (s. 10.5.5).

9.4.3 Averaging over Manual Single Measurements

Single manual meas. point scans E_i are performed for an averaging of isolated measurements at certain points or times. At all measuring points where measured values must be averaged the averaging must be switched on by using the averaging mode 'CONT'.



1. Stop measurement, if it is started:
2. Set the averaging mode (s. 8.5):
For smoothing a meas. value select damping:
Switch the continuous scanning off, if required:
3. Clear avg. value by selecting it (s. 8.4) and using:
Function 'Average value' displays:
Function 'Counts' displays:
4. Manual scans Ex of single measurements:
Function 'Average value' displays:
Function 'Counts' displays:
5. Repeat step 4 for each measuring point.
6. Output of all function values of the menu by using:

```

<STOP>
Averaging mode:  CONT
Damping:          20
Conv. rate:10M/sCont:
<CLR>
Average val:  ----- mls
Counts:         00000
<MANU>
Average val:   12.34 mls
Counts:        00001
<PRINT>
    
```

9.4.4 Net Measurement

Especially when determining the average velocity in a flow conduit according to the guidelines VDI/VDE 2640, measurements are to be carried out in a net of individual points in a cross-section which is placed vertically with respect to the flow direction (s. man. 3.5.5). A special menu for net measurements is available to record all single values or to have the possibility to repeat error measurements. It can be selected in the function 'Average value', using the key **<ARRAY>**. The menu can be used for other point measurements, too, of course.

```

Net measurement Points: 5
01: 11.43 mls
02: 12.51 mls
03: 19.71 mls
04:  --.-- mls
05:  --.-- mls

Average value:  14.51 mls
<STOP CLEAR F   ESC
    
```

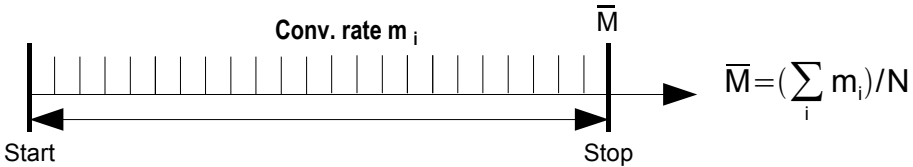
1. The Averaging mode is not important:
For smoothing a meas. value select damping:
2. Select function average value:
3. Select menu net measurement using the key:
4. For data recording, press the key:
5. Set the number of points:
A cleared array appears:
6. Select a measuring point using the key:
7. Start the measurement with key:
8. Stop the measurement with key:
9. Record all points according to steps 6 to 8:
10. Clear the array and new measurement with key:
11. Back to the measuring menu:

```

AveragingMode:  ----
Damping:        20
AverageValue:  -----
<ARRAY>
PROG
Net measurement Points: 5
01:  --.-- mls
▼
<START>      01:  --.-- mls
01:  11.22 mls
<STOP>      01:  11.43 mls
<CLEAR>
<ESC>
    
```

9.4.5 Averaging over the Measuring Time, Meas. duration

To determine the average value of all meas. values, that were acquired over the conversion rate, over a defined period, the averaging mode 'CONT' must be set for the required measuring channel. Averaging can be carried out with or without cycle. A measuring point scan will be performed in any case on start and stop allowing to record the start and end values including the time of day. A function channel $M(t)$ is required for the recording of the average value \bar{M} (s. 10.3.9, 10.3.10).



Set the averaging mode:

Averaging Mode: CONT

Automatic clearing of average val. on start (s. 10.5.8)

Check:

or, after selecting the average value, by using:

<CLR>

Starting the averaging using the key:

<START>

▶ \bar{M}

Reading the meas. time (s. 9.4.6) in function:

Meas.Time: 00:01:23.40

Stopping the averaging using the key:

<STOP>

||

For a fixed mean time the following function:

Measuring duration 00:02:00

Reading the average value in function:

Average value: 13.24°C

Output of all function values of the menu by using:

<PRINT>

9.4.6 Measurement Time, Measuring duration, Timer

For the averaging over time (see above) and for many other measurement experiments, in many cases, the actual measurement time, from start to stop, is required. The function 'Measuring time' has a resolution of 0.10s and is available to allow a continuous monitoring of the measurement time without clearing the real time. If the function 'Clear Meas. Values On Start of a Measurement' is activated within the operating parameters (s. 10.5.8), the measurement time will also be automatically cleared on each start.

Function measuring time:

Measuring time: 00:00:00.00

Clearing the measuring time by using:

<CLEAR>

Measuring duration

If you want to stop a measuring operation or an averaging process (see above) after a certain length of time, you can program the measuring duration in the menu **Times - Cycles** or in a user menu; (this function is displayed in the status bar with 'M'). (see 10.1.4)

Measuring duration function

Measuring duration 00:00:00



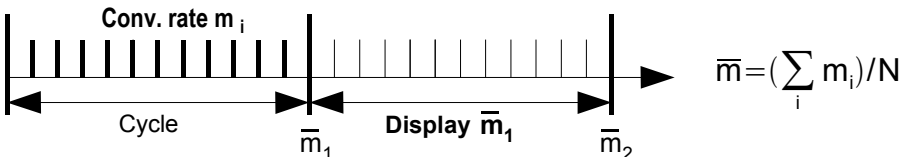
Use a programmed measuring duration when recording to memory; this ensures that recording does not abort prematurely.

Timer as function channel

Measuring times can be output and saved by means of the function channel **Time**; the format is "sssss" or "ssss.s". (see 10.3.9) The resolution can be raised to 0.1 seconds by programming the exponent to -1. At a count of 60000 the timer is reset and starts again at 0. All the normal start / stop functions can be used; in addition, the start, stop, output, and zero-setting of the timer can also be triggered by actions in the event of limit values being exceeded. (see 10.4.3)

9.4.7 Averaging over the Cycle

The averaging mode 'CYCL' must be used if average values have to be acquired in cyclic periods over these periods. This ensures, that the average value is cleared after each cycle, but appears in the display during the next cycle.



Setting the averaging over cycles:
Programming the cycle (s. 10.1.2):

```
Averaging mode: CYCL
Cycle:      00:15:00
```

Start measurement, averaging in progress:
Stop measurement:

```
Check:
<START>  ▶  M̄
<STOP>   ii
```

Reading the average value/cycle in function:
Output of all function values of the menu by using:

```
Average value: 13.24°C
<PRINT>
```

Average value over manual periods:

It is also possible to determine the average value over periods from one manual measuring point scan to the next with the same averaging mode, but without cycle:

Setting the averaging over cycles:
Select and clear cycle using the key:

```
Averaging mode: CYCL
<CLR>
Cycle timer: 00:00:00
```

Start measurement, averaging in progress:
Manual measuring point scan:
Average value from one scan to the next scan:

```
Check:
<START>  ▶  M̄
<MANU>   ▶  ...
Average value: 13.24°C
```



For recording the average values an additional **function channel** with the range $M(t)$ (s. 10.3.9, 10.3.10) or the corresponding **output function** $M(t)$ (s. 10.4.5, man. 6.10.4) is required instead of the measured value.

9.4.8 Averaging over several Measuring Points

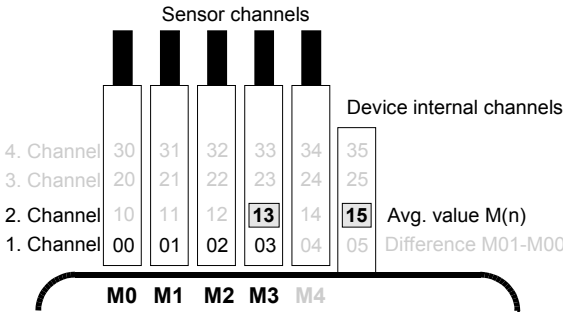
In all measuring point scans the average value can also be determined over a number of associated measuring points. However, for this average value a function channel with the meas. range M(n) must be available (s. 10.3.9). If you do not wish to program reference channels and the measuring points to be averaged begin with M0, you need simply to program the function channel M(n) to the 2nd channel of the last connector (e.g. M13) (s. 10.3.10). This will then refer automatically to the series from reference channel 2 (M0) through to reference channel 1 (M3 = 1st channel). Other ranges of measuring points can be activated by programming the reference channels accordingly (s. 10.4.6). The function channel can be configured quickly and easily by means of the help menu for **Averaging**.

```

AVERAGING
over range of meas. Points:
From meas. channel :
00: 234.5 °C NiCr
to meas. channel :
03: 189.7 °C NiCr

Program function channel
to channel:
13: 213.7 °C M(n)
Range:                M(n)

START MANU M PRINT ESC
    
```



$$\bar{M} = \left(\sum_{i=Bk2}^{n=Bk1} M_i \right) / N$$

Example:

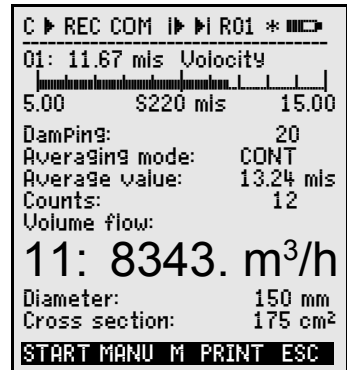
$$M13 = \left(\sum_{i=M0}^{n=M3} M_i \right) / N$$

$$M13 = \bar{M} \text{ from } M0 \text{ to } M3$$

If the sensors are to stay untouched, the function channel can also be programmed to the device internal channels (e.g. M19) (s. 10.3.10). The standard reference channels are here M0 to M1.

9.4.9 Volume Flow Measurement

The **volume flow** in flow channels can be calculated by multiplying the average flow velocity \bar{v} and the cross-section surface. The functions needed for this purpose can be accessed via the 'User menu' U3 **Volume flow** (see on the right); these are a flow channel with averaging, the functions 'diameter' and 'cross-section', and a function channel for volume flow (s. 10.3.10). If the volume flow channel has not yet been programmed or if other functions are needed, e.g. factor or length and width for rectangular cross-sections, please refer to the help menu **Volume flow**.



As unstable measured values can be easier read out when an analog display is used, this menu, besides a small digital display, also provides a **bar chart**.

The display range of the bar chart can be set by using the functions '**Analog Start**' and '**Analog End**' in the menu 'Special Functions' (s. 10.4.4). The values can also be edited directly below the scale, when programming.

Volume flow $VF = \text{average flow velocity } \bar{v} \cdot \text{cross section area } CS$:

$$VF = \bar{v} \cdot CS \cdot 0.36 \quad VF = \text{m}^3/\text{h}, \bar{v} = \text{m/s}, CS = \text{cm}^2$$

For rough air volume measurements at air vents the **average flow velocity** \bar{v} can be determined by a **time-based averaging** (s. 9.4.5 a. man. 3.5.5). The rotating vane must be applied at one end, the averaging has to be started and it is necessary to proceed uniformly over the whole cross-sectional area and to stop the averaging when the other end of the cross-sectional area is reached.

Alternatively, the average flow velocity can also be determined by single **net measurements** according to VDI/VDE 2640 (s. 9.4.4 and manual 3.5.5) (e.g. 13.24 m/s).

The average velocity \bar{v} is displayed in function:	Average value: 13.24m/s
Input of the diameter in mm (max. 2000):	Diameter: 0150 mm
Input of the cross section area CS directly in cm ² : (max. 32000 cm ²)	CrossSection: 0175cm ²
Display of the volume flow VF in a function channel in m ³ /h:	Volume flow: 11: 834.m ³ /h
Output of all function values of the menu by using:	<PRINT>



For outputting and storing the number of measuring operations, the function channel 'n(t)' is provided (s. 10.3.9, 10.3.10).

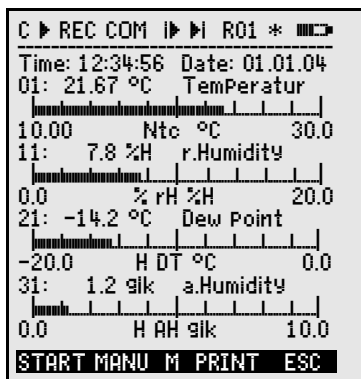
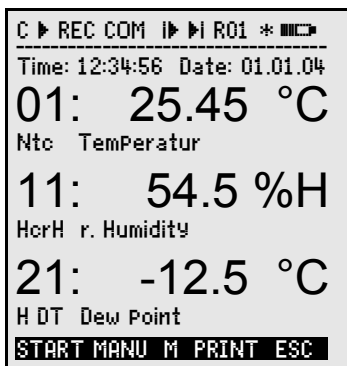
9.5 Display of Several Measuring Points

The already mentioned measuring menus allow, on principle, only the selection and display of one measuring point. This chapter provides a description on how you can get several measuring points with your selection of functions simultaneously on the display.

9.5.1 Menu Multi Channel Display and Bar chart

After the first call the menu **Multi Channel Display** indicates the measured value of the first three active channels in average scale. But they can be programmed as required:

In the menu **Bar Chart** the first four active channels will be displayed with measured value and bar chart:



Measuring point selection:

The first measuring channel is always the selected measuring point.

This can be selected directly by means of:

▲ or ▼ ...

To change the other channels, the measuring point must be selected as function, by means of keys:

PROG and ▲ or ▼ ...

The channel can now be changed by means of:

<M▲> , <M▼> ...

The channel selection is terminated with key:

<ESC>

9.5.2 Differential Measurement

If there are two sensors with the same dimensions and same decimal point position connected at measuring points M0 and M1, the difference M1-M0 appears automatically at the device-internal measuring point M5 (s. 7.2). If the differential channel is not required, it must be explicitly deleted (s. 10.3.9). If further differential channels are needed, these can be created using the appropriated reference channels (s. 10.4.6).

9.5.3 Menu List of Measuring Points

The best overview of the meas. system incl. all meas. values, time of day, date and cycle is obtained with the menu **Meas.Point list**. From here, it is also possible to get to the **Sensor Programming** of all measuring points.

This menu cannot be individually configured, it can only be combined with some selected functions:

```

C ▶ REC COM I▶ I R01 *■■■▶
Meas.Points list: Comment
Time: 12:34:56 Date: 01.01.04
Cycle-timer: 00:00:30 nS
00: 23.12 °C Temperatur
01: 11.37 m/s Velocity
02: 123.4 mV U2.4
10: 53.6 %H r.Humidity
20: 15.2 °C Dew Point
30: 11.2 g/k a.Humidity

START MANU F PRINT ESC
    
```

At first call a list with max 20 meas. pts is displayed: MeasPtsList: 20 Meas.v.

00: 23.12°C ...

Functions can be allocated to a meas. value with:

▲ or ▼ ...

This reduces the max. number of channels to 10.

Select the following function with:

▲

Measured value including **comment**:

MeasVaiList: Comment
00: 23.12°C Temperature

Measured value including **maximum value**:

MeasVaiList: Max value

Measured value including **minimum value**:

00: 23.12 °C 32.67 °C

MeasVaiList: Min value

Measured value including **average value**:

00: 23.12 °C 19.34 °C

MeasVaiList: Avg. value

Measured value including **limit value max**:

00: 23.12 °C 25.45 °C

MeasVaiList: Limit max

Measured value including **limit value min**:

00: 23.12 °C 32.67 °C

MeasVaiList: Limit min

Measuring range only (again max. 20 channels):

00: 23.12 °C 19.34 °C

MeasVaiList: Range

00: NTC °C

The programming functions can be accessed as follows:

PROG , ▲ / ▼ ...

9.6 Assistant-Menus for Special Meas. Operations

Special measuring operations, i.e. thermal coefficient or wet bulb globe temperature, require a series of sensors in a particular arrangement and function channels programmed for calculating the required variables. To ensure that these two special measuring operations can be performed quickly and easily there is a special assistant menu for each.

9.6.1 Thermal Coefficient

To determine the thermal coefficient $\bar{q}/(T_1 - T_0)$ the two temperature sensors are connected as required (see manual, section 3.2) to channels M0 and M1, and the heat flow plate to M2. The temperature difference $T(M1) - T(M0)$ is obtained automatically on channel M5.

For this measuring operation the following programming steps are needed :

Averaging mode on M9 : **CONT** or **CYCL**

Averaging mode on M2: **CONT** or **CYCL**

Range on M12: **q/dt**

Enter the cycle by means of: **Cycle timer**

Start measuring by means of: **<START>**

Stop measuring by means of: **<STOP>**

Assistant-Menu
Thermal Coefficient:

```

Inner temp. T0:  Channel: 00
00: 21.67°C NiCr
Outer temp. T1 :  Channel: 01
01: 11.42°C NiCr
Difference dt:   Channel: 05
05: 10.25°C Diff
Averaging mode:  CONT
Heat flow q     Channel: 02
02: 103.6 W/m²
Averaging mode:  CONT
----- T
Thermal coeff. Channel: 12
12: 193. W/mK q/dt
1 Range:       q/dt
Cycle-timer:   00:30:00 Sn
START MANU  PRINT  ESC
    
```

9.6.2 Wet Bulb Globe Temperature

The stress caused in heat-exposed workplaces can be evaluated in terms of their wet bulb globe temperature calculated according to the following formula:

$WBGT = 0.1TT + 0.7HTN + 0.2GT$ (s.man. 3.1.4)

To measure the dry temperature (DT) and the natural humid temperature (HT) a psychrometer (FN A848-WB) with turn-off motor is connected to socket M0 and a Pt100 globe thermometer is connected to socket M1. The output on channel 11 is programmed to WBGT; (for this device the factor 0.2 must not be programmed !).

Assistant-Menu Wet Bulb
Globe Temperature:


```

WET-BULB-GLOBE-TEMP.
-----
Dry temperature: Channel: 00
00: 21.67°C Ntc
Humid temp:     Channel: 10
10: 11.42°C HT
Globe temp:     Channel: 01
01: 19.42°C P204
-----
WetbulbglobetemP: Channel: 11
11: 17.43 °C
1 Range:       WBGT
START MANU  PRINT  ESC
    
```


9.7 User Menus

When studying the measurement menus you may have noticed that the display of the meas. value and the combination of functions does not always match your applications in an optimum way. Therefore, you can freely configure the three user menus **U1** to **U3**, in addition to the standard measuring menus using the software AMR-Control. You can use the following list of functions to individually place the functions you require, in any sequence, on your display up to the available space of 13 lines. There is no limit in the number of measuring points, as it is at the ALMEMO® 2590-9. In addition to the meas. functions that have been described before, it is possible to use times and cycles for the process control (s. 10.1.) and most of the sensor programming functions (s. 10.3).

9.7.1 Functions

Functions:	Display:	Keys:		Command:
Meas. value small	00: 234.5°C Temperature	ZERO	ADJ	o 15
Meas. value medium 3 lines	00: 1234.5 °C	ZERO	ADJ	o 16
Meas. value large 7 lines	00: Temperature °C 1234.5	ZERO	ADJ	o 17
Meas. value bar chart 2 lines	 5.0 12.20 mls 15.00			o 34
Limit value Max (s. 10.3.5)	Limit Max: 1234.5°C	OFF	ON	o 00
Limit value Min:	Limit Min: -0123.4°C	OFF	ON	o 01
Base value (s. 10.3.6)	Base: -----	OFF	ON	o 02
Factor:	Factor: 1.12345	OFF	ON	o 03
Zero point corr. (s. 10.3.7)	Zero correction: -----	OFF	ON	o 04
Slope correction:	Slope correction: -----	OFF	ON	o 05
Analog start (s. 10.4.4)	Analog-start: 0.0°C	OFF	ON	o 06
Analog end:	Analog-end: 100.0°C	OFF	ON	o 07
Range (s. 10.3.9)	Range: NiCr			o 08
Maximum value (s. 9.1.2)	Maximum value: 1122.3°C	CLR	CLRA	o 09
Minimum value:	Minimum value: 19.3°C	CLR	CLRA	o 10
Average value(s. 9.4.5)	Average value: -----	CLR	CLRA	o 11
Cycle (s. 10.1.2)	Cycle: 00:00:00Un	CLR	FORM	o 12
Time, date (s. 10.1.1)	Time:12:34:56 Date:01.02.00	CLR		o 14
Averaging mode (s. 9.4.2)	Averaging mode: CONT	CLR		o 18
Conv. rate: (s. 10.1.3)	Conv.rate: 10M/s Cont: -	OFF	ON	o 19
Cycle Timer: (s. 9.3.2)	Cycle-timer: 00:00:00Un	CLR	FORM	o 20

9. Measuring using Measuring-Menus

Averaging Counts (s. 9.4.3)	Counts: 00000.			o 22
Number (s. 10.2.3)	Number: 123-56	OFF	ON	o 23
Range, comment:	NiCr Temperature \bar{M} H \nearrow			o 24
Diameter mm (s. 9.4.9)	Diameter: 0000 mm	CLR		o 25
Cross section cm ² (s. 9.4.9)	Cross-section: 0000 cm ²	CLR		o 26
Max-time-date (s. 9.1.2)	Max Time: 12:34 01.02.			o 28
Min-time-date	Min Time: 13:45 01.02.			o 29
Blank line:				o 30
Line:	_____			o 31
Smoothing (s. 9.4.1)	DampInG: 10	CLR		o 32
Memory free (s. 9.3.3)	MemoryFree: 502.1kB	CMEM	PRINT	o 33
Device designation (s.10.5.1)	SamPieMan Corporation	CLR		o 36
Text1: (s. 9.7.4)	1: CommentLine	CLR		o 37
Text2:	2: CommentLine	CLR		o 38
Text3: (s. 9.7, 9.7.4)	U1 MenuTitle	CLR		o 39
Text4:	U2 MenuTitle	CLR		o 40
Text5:	U3 MenuTitle	CLR		o 41
Locking (s. 10.3.4)	Locking: 5	CLR		o 42
Atm. Pressure (s. 10.5.6)	Atm.Pressure: 1013mb	CLR		o 43
TemperatureComp(s. 9.2.5)	Temp.compens.: 25.0°C	CLR		o 44
Setpoint (s. 9.2.4)	SetPoint: 1100.0°C	OFF	ADJ	o 45
Meas. time: (s. 9.4.6)	Meas. Time: 00:00:00.00	CLR		o 46
End of menu:				o 99

9.7.2 Configuration of the menus

Select one user menu U1, U2 or U3 from the measuring menus you do not need at the moment: Please connect the device for configuration via data cable with your PC and call up the delivered

Software AMR-Control.

With one click on: you get to the:

Select the device and press:

Pull the functions from the left side to the menu window on the right with the drag and drop function.



At all functions containing a measured value (e.g. max, average value, also bar display) you have to put in the measured value of the measuring point first, afterwards the corresponding functions!

Put in an expressive menu title:

Store the finished menu in the device on Ux with:

All menus can also be stored in the PC and be reloaded, if required!

MEAS.Menus:



Network scanning

Device list

Program user menus

User menu title

Menu store, Ux, OK

9.7.3 Function Printouts

The functions of all measurement menus can be printed out in the listed sequence by using the key: **<PRINT>** (s.a. 9.3.4)
The print format of the individual functions is given in the following table:

Funktion	Ausdruck	Befehl
Meas. Values all	01: +0023.5 °C Temperatur	P35
Maximum Value	MAXIMUM: 01: +0020.0 °C	P02
Maximum Time	MAX-TIME: 01: 12:32 01.02	P28
Minimum	MINIMUM: 01: -0010.0 °C	P03
Minimum Time	MIN-TIME: 01: 12:32 01.02	P29
Average Value	AVERAGE VAL.:01: +0017.8 °C	P14
Averaging Mode	AVERAGEMODE: 01: CONT	P21
Averaging Count	AVERAGECOUNT:01: 00178.	P22
Memory Free	MEMORY: S0512.1 F0324.4 A	P33
Number	NUMBER: 01-012	P23
Range (Comment)	RANGE: 01: NiCr	P24
Limit Max	LIMIT MAX: 01: -0100.0 °C	P08
Limit Min	LIMIT MIN: 01: +0020.0 °C	P09
Base	BASE: 01: -0273.0 °C	P06
Factor	FACTOR: 01: +1.0350E-1	P07
Zero Point Correction	ZERO CORR: 01: -0000.7 °C	f1 P06
Slope Correction	SLOPE CORR: 01: +1.0013	f1 P07
Analog-Start	ANALOG START:01: +0000.0 °C	P16
Analog-End	ANALOG END: 01: +0100.0 °C	P17
Cycle	PRINT CYCLE: 00:06:00	P11
Cycle-Timer	PRINT TIMER: 00:06:00	f1 P11
Time, Date	TIME: 12:34:00 01.02.04	P10, P13
Start Time	START TIME: 07:00:00	f1 P10
End Time	END TIME: 17:00:00	f2 P10
Start Date	START DATE: 01.02.04	f1 P13
End Date	END DATE: 02.02.04	f2 P13
Measuring Time	MEASURETIME: 00:00:00.00	P46
Damping	DAMPING: 01: 10	P32
Diameter	DIAMETER: 01: 00100 mm	P25
Cross section	CROSS SECT: 01: 00078 cm ²	P26
Atm. pressure	A. PRESSURE: +01013.mb	P43
Temp. compensation	COMPENSATION:01: 25.0°C	P44
Setpoint	SET POINT: 01: 1100.0°C	P45

9. Measuring using Measuring-Menus

Device designation	Fa.Ahlborn,Holzkirchen	P36
Line	-----	P31
Blank line		P30
Text1	Comment Text 1	P37
Text2	Comment Text 2	P38
Text3	Menu Title U1	P39
Text4	Menu Title U2	P40
Text5	Menu Title U3	P41
Locking	LOCKING MODE: 5	P42

9.7.4 Programming via the Serial Interface:

Apart from the output errors mentioned above, only new commands, which are not covered by the manual section 6, will be listed in the following.

Selecting the menu line xx:	ixx	
Selection of menu u and function yy:	fu oyy	
Entering the texts:		
Text 1:	f5 \$Text1	
Text 2:	f6 \$Text2	
Text 3=MenuTitle U1:	f7 \$Text3	
Text 4=MenuTitle U2:	f8 \$Text4	
Text 5=MenuTitle U3:	f9 \$Text5	
Output of the texts 1 to 5:	f5 P20	
	Text1 etc.	
Output of the menu configurations:	fu P20	
Menu title of the menu u	U1:MenuTitle U1	
In line 00: function yy	00:30	
In line 01: function yy	01:39	
....	02:16	
	03:24	
	04:30 ...	
Output of all functions of the selected menu (print format see above):	P20	
Menu title	MeasCorrection	
Meas. value average	00: +025.67 °C	
	RANGE: 00: Ntc	
Blank line		
	LOCKING:0.	
	SETPOINT: 00: +0000.00C	
	COMPENSATION:00:+0000.00C	
	ATM.PRESSURE: +01013. mb	
Input of the cross-section for the inp.channel in cm ² :	Qxxxxx	(max. 32000, s. 9.4.9)
Input of the smoothing for the input channel:	f1 zxx	(s. 9.4.1)
Input of temperature compensation in 0.1 °C:	f1 gxxxxx	(f1 g00150=15.0°C)
Input of setpoint at input channel:	f2 gxxxxx	
Setpoint adjustment (VM=4 Factor, VM≤3 Slope):	f2 C01	

10. PROGRAMMING WITH PROGRAMMING-MENUS

Apart from the measuring functions you have already get to know some functions for process control and sensor programming in the measuring menus.

Here in the **PROGRAMMING Menus** you find a complete and systematic list of all programming functions.

From the measuring menu, you reach the selection menu using the key: **<MENU1>**

For some programming function, there are additional **ASSISTANT Menus**.

```
* ALMEMO 2890-9 *
-----
PROGRAMMING-Menus:
Times, cycles
Recording to memory
Output from memory
Sensor Programming
..Special functions
Device configuration
Output modules
Power supply

-----
Menu1 ASSISTANT-Menus
Menu2 MEASURING-Menus
-----
POFF *ON F MENU1 MENU2
```

10.1 Times and Cycles

All time functions for measurement, process control and recording are combined in the programming menu **Times - Cycles** and can also be programmed there.

```
* TIMES - CYCLES *
-----
Time: 12:34:56 Date: 01.01.04
Cycle: 00:00:00
Storing: ✓ Sleep: -
Output form: Columns
Conv. rate: 10M/s Cont: ✓
Output: -
Storing: -

Measurement:
Start time: 07:00:00
Start date: 01.01.04
End time: 17:00:00
End date: 01.01.04
-----
PRINT ESC
```

10.1.1 Time and Date

The ALMEMO 2890-9 is equipped with a real time clock with date function for recording the measuring time. It has a lithium battery so the time and date are also maintained after battery change. By selecting the function (s. 8.4) the time can be programmed in the specified format in the first line on the left side and the date on the right side (s. 8.5).

Function Time and Date:

Format of time and date:

Time: 12:34:56 Date:01.05.00

hh:mm:ss dd.mm.yy

10.1.2 Cycle with Storage Activation and Output Format

The **Cycle** is used for cyclic storage and outputs of measuring data on the interface (it corresponds to the print cycle of other ALMEMO® devices, the measuring cycle is no longer implemented). The storage activation in the cycle, i.e. the cyclic recording of data in the memory is automatically switched on after a reinitialisation but it can also be switched off, if required.

The **output format** (see manual 6.6.1) determines the print format at measuring point scans and at the memory output. It is programmed by using the function **OutPut form**. Apart from the standard format 'List' with all measured values given in a list, the output format 'Columns' allows for a clear and space-saving printout in columns. For this purpose, a printer will automatically switch to the condensed character mode. The **format** 'Table' is available to further process measuring data by means of spreadsheet applications (s. print images man. 6.1).

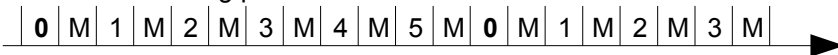
Function Cycle (format hh:mm:ss):	Cycle: 00:15:00
Clear cycle, terminate current scan:	<CLR>
Function Storage activation in cycle :	Storage: <input type="checkbox"/> Sleep: -
Switch on storing (basic setting):	<ON> <input checked="" type="checkbox"/>
Switch off storing:	<OFF> -
Switch on function sleepmode s. 10.2.5:	<ON> Sleep: <input checked="" type="checkbox"/>
Output format 'l' measured values in list format:	OutPut form: List
Output format 'n' columns side by side:	OutPut form: Columns
Output format 't' table with semicolon separation:	OutPut form: Table
In the meas. menus the format abbreviations 'n' or 't' and 'S' (with storage activation) or 'U' (without storage activation) are displayed next to the cycle :	Cycle: 00:15:00 Sn

10.1.3 Conversion Rate, Continuous Measuring Point Scan

If required, for measuring point scans the conversion rate can in function **Conv. rate** be increased from 2,5 up to 10M/sec or 50M/sec (s. man. 6.5).

Half-continuous measuring point scan

The possibility to record only the selected measuring point (not continuous) is not intended anymore, because errors are easily made when corresponding sensors are not recorded. However, it can be useful, especially with many sensors, to treat the selected measuring point in a favoured way and to replace the measured value once in a while, e.g. at analog output or smoothing of the measured value. Therefore, by default the not continuous meas. point scan was replaced by the **half-continuous meas. point scan**, i.e. all measuring points are continuously recorded, but every second measurement records the selected measuring point.



Continuous measuring point scan

If the **continuous measuring point scan** is switched on, all active measuring channels will be continuously and successively scanned by the conversion rate and all measured values are always up-to-date (s. man. 6.5.1.3). The output and storage of all measured values is also possible.

The continuous storage and the continuous output of the measured values can

be activated with the conversion rate using the following two functions.

Function Conversion rate: Input s. 8.5	Conv. rate: 10M/s
half-continuous measuring point scan (basic setting):	<OFF> Cont: -
continuous measuring point scan:	<ON> Cont: <input checked="" type="checkbox"/>
continuous storage off:	Storing: -
activate continuous storage:	<ON> <input checked="" type="checkbox"/>
continuous output off:	Output: -
activate continuous output:	<ON> <input checked="" type="checkbox"/>



At a conversion rate of 50 measurements/sec. the following limitations due to shortened analysis times are to be considered:

1. The increased conversion rate only takes effect after the start of a measurement, before the device works with 10 measurements/sec.
2. During the measurement with high measuring rate, a supervision of the ALMEMO® connectors is no longer possible, i.e. the connector configuration can only be changed when the measuring is stopped.
3. If the conversion rate is over 10 measurement/sec, a suppression of mains frequency noise is normally not possible. Therefore, the accuracy can be additionally disturbed by irradiations in the connection cables (twist, if possible!).

10.1.4 Start date and time-of-day, end date and time-of-day, measuring duration

A sequence of measurements can, at certain points in time, be automatically started and stopped. For this purpose the start time and date and the end time and date can be programmed. If a date has not been specified the measurement will be performed every day in the defined period. The current time must be programmed beforehand. Or, alternatively, instead of specifying the end time-of-day the measuring duration itself can be programmed.

Measuring duration function (format = hh:mm:ss)	Measuring duration 00:00:00
Function Start Time (format hh:mm:ss):	Start time: 07:00:00
Function End Time (format hh:mm:ss):	End time: -----
Function Start Date (format dd:mm:yy):	Start date: 01.05.00
Function End Date (format dd:mm:yy):	End date: -----

To clear values, select function and then use:

If the start time of a measurement has been programmed, the status line will show the symbol:

<OFF>



If the end time of a measurement has been programmed, the status line will show the symbol:



10.2 Data Memory for measured values

The basic information on saving data in ALMEMO® devices is provided in the Manual, Section 6.9. The internal data memory on the ALMEMO® 2890-9 is a 512-KB EEPROM with capacity sufficient for 64,000 to 100,000 measured values (depending on the number of channels). In the event of a failure in the supply voltage the measured data is retained intact. The EEPROM can be re-configured from linear memory to ring memory. (see Manual, Sec. 6.10.13.2)

10.2.1 Memory connector with multi-media card

If memory capacity proves insufficient or if the data needs to be evaluated elsewhere, you can, as additional external memory, use a memory connector (ZA 1904-MMC) with a conventional multi-media flash memory card, available from our range of accessories. The memory card should preferably be RS form (reduced size), half size, 32 to 512 MB; measured data is written to it via the memory connector in table mode and in standard FAT16 format. The MMC card can be formatted and its contents can be read and deleted via any normal PC using any card reader. Measured data can be imported into MS-Excel or into the accompanying measured value software Win-Control.

The memory connector with the additional memory card can be connected at socket A2; it is recognized automatically. You can see that it is properly connected in menu **Record to memory** in the function **External memory**, by the higher memory capacity, and a file name in the function **File name**. (s.10.3.1)

If the external memory is connected at the start of any measuring operation, it will be used. In the course of the measuring operation it must not be unplugged; this would cause temporarily buffered measured values to be lost.

External memory capacity available	External memory	64.00 MB
Memory capacity still free	Memory free	21.75 MB
File name (maximum 8 characters)	File name	ALMEMO.001

In the function **File name**, before starting any measuring operation, you can enter an 8-character file name. In the absence of a user-assigned file name, the default name "ALMEMO.001" or the name most recently used will be provided automatically. So long as the connector configuration is not altered, you can save several measuring operations, either manual or cyclic, even with numbers, in the same file. (s. 10.3.2) If, however, the **connector configuration has been changed** since the most recent measuring operation and if no new file name has been programmed, then a new file is always created and in so doing the index in the file name extension is automatically incremented by 1, e.g. "ALMEMO.002". Similarly, if the file name entered already exists, then a new file will be created with the same file name prefix but with a new index.



The ring memory function is not supported with external storage media.

10.2.2 Data Acquisition

Most of the parameters, which are required for the **recording** of measuring data, have already been described in the menu **Times - Cycles** (s. 10.1).

1. Time and date
2. Cycle, storage activation, sleep mode
3. Conversion rate with storage activation
4. Time of start and end of a measurement

The menu **Recording to memory** can be used for an especially simple recording to memory.

Additionally, there are extra assistant menus for the various possibilities to start and stop the measurement! (s. 10.2.4)

Attention: The first time the device is started only one sensor configuration is saved to the internal memory; however, with effect from the next start this can be supplemented by additional sensors. If other sensors are connected, memory must be readout and cleared before the next recording!

Menu **Recording to memory** :

Internally available memory capacity:

Available free memory space:

External memory capacity available

Linear memory without overwriting of data:

Activate **ring memory** with overwriting of data:

Nb of act. channels to calculate the storing time:

Input of **cycle** (s. 8.5, format hh:mm:ss):

Minimal cycle with 50M/s corresp. to active channels:

Cycle without storing and without sleepmode:

Select and switch on **storing** using the key:

Switch on **sleepmode** (s. 10.2.5) using the key:

Storing time from cycle and channel number:

Meas.duration, after start automatic stop after:

File name with memory connector (max. 8 char.):

Number: e.g. room 12, meas. point 1 s. 10.2.3

```

* RECORDING TO MEMORY *
Memory internal: 512.0 kB
Memory free: 125.8 kB
Ring memory: ✓
Meas.channels: 24 active: 05

Cycle: 00:01:00.00
Storing: ✓ Sleep: -
Storing time: 24d 13h

Meas. duration: 00:01:00

Number: 01-001 A

PRINT ESC

```

Memory internal: 512.0 kB

Memory free: 217.5 kB

External memory 64.01 MB

Ring memory: -

<ON> ✓

Meas.chann: 24 active: 05

Cycle: 00:01:00

<MIN> 00:00:00.12

Storing: - Sleep: -

<ON> ✓ Sleep: -

<ON> Sleep: ✓

StoringTime: 24d 13h

Meas.duration: 00:10:00

File name ALMEMO.001

Number: 12-001 A

10.2.3 Numbering of measurements

For the identification of measurements or series of measurements it is possible to individually enter a number before starting. With the next measuring point scan it will be output or stored, respectively. This allows to also assign single measurements during a read-out to specific measurement locations or measuring points (s. manual 6.7).

After selecting the function **Number** the 6-digit number is entered in the usual way (s. 8.5). In addition to the figures 0 to 9 the characters A,F,N,P,- or _ (space) can be used. After the input the number is activated and next to it an 'A' will be indicated until the next cyclic or manual measurement will be stored.

Function **Number**: (e.g. room 12, meas. point 1) **NUMBER:** **12-001 A**

Zero setting and deactivating the number with key: **<CLR>**

Activating and **deactivating** the number with key: **<ON>**, **<OFF>**

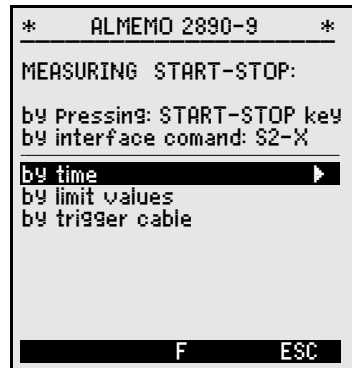
Incrementing and **activating** the number with: **<+1>**

10.2.4 Starting and Stopping of measurements

Additionally to starting and stopping of the measurement with the keys, there are even more possibilities, concretely conveyed by the assistant menu **START-STOP**.

The operation via interface is described in the manual section 6.6.

The function of start time and end time or measuring duration is described here in section 10.1.4, the limit value responses in section 10.4.3 and the varieties of relais and trigger in section 10.6.2.



10.2.5 Sleepmodus

For long term monitoring with larger cycles it is possible to operate the measuring device in sleep mode. Within this power saving mode the device will be switched off after each measuring point scan (this is to be considered using sensors with power supply!) and will be automatically switched on for the next measuring point scan after the cycle time has expired. This procedure allows, with one set of battery/accumulators to perform more than 15000 measuring point scans. At 10 minutes for one cycle this results in a total measuring time of more than 100 days.

The following steps must be carried out in the menu **Recording to memory** to perform a **data recording in the sleep mode**:

1. Enter a cycle with a min. duration of 2 minutes: Cycle: 00:05:00
2. Switch on the storage activation in the cycle: Storing: Sleep: -
3. Select the sleep mode: Storing: Sleep:
4. Switch on the sleep mode using the key: **<ON>** Sleep:
5. In a measurements menu, start measuring by pressing key **<START>**
 The device display reports Sleep On
 Then it switches itself off and as a check
 the red LED "SLEEP" starts to flash. LED 'SLEEP' (4) flashes
6. In the specified cycle the measuring instrument switches on automatically,
 performs one measuring point scan, and then switches off again.
7. To terminate sleep mode Switch the device off and then on again by means
 of the slide switch (1) **ON - OFF - ON**
8. Terminate measurement using the key: **<STOP>**



The start or stop through start and end time or through limit value is, on principle, not possible in sleep mode and, therefore, must be switched off!

10.2.6 Memory Output

The content of the data memory can, completely or in parts, be output to the serial interface. For each output one of the three available output formats 'List', 'Columns' or 'Table' can be used. The option to specify partial ranges is available as it is possible to set the start and end time of measurements and also possible to select the number of corresponding identified measurements.



With **external MMC memory cards** (see 10.2.1) there is only one option available, namely output in table mode of all the measured data contained in the file most recently used. For this purpose simply press the key **PRINT** in the function **Memory free** in the menu **Memory output** or in certain measuring menus.

The most sensible approach is to remove the memory card and copy the files via a USB card reader directly onto the PC. These can then be imported either into MS-Excel or into Win-Control (as of V.4.9).

```

* OUTPUT FROM MEMORY *
-----
Memory Internal: 512.0 kB
Memory free:    125.8 kB
Residual output: 12.5 kB
Output form:    Columns
Number:        01-001 A
Time: 12:34:56 Date: 01.01.04

Time interval:
Start time:    07:00:00
Start date:    01.01.04
End time:      17:00:00
End date:      01.01.04
ALL NR F TIME ESC

```

Menu **Memory OutPut** :

Setting the **output format**:

OutPut form: List

In case of **selecting a numbered measurement**:

NUMBER: 12-001 A

In Function **Number** select number with keys:

<FIRST>, **<NEXT>**..., **<LAST>**

To **select a time interval**:

Enter the start time using the format 'hh:mm:ss':

Start time: 07:00:00

Enter the end time using the format 'hh:mm:ss':

End time: 17:00:00

Enter the start date using the format 'dd:mm.yy':

Start date: 01.05.00

Enter the end date using the format 'dd:mm.yy':

End date: 01.05.00

Perform complete output of data memory:

<ALL>

Output of a numbered measurement:

<NR>

Output of a time interval from start to end:

<TIME>

Cancelling the memory output using the key:

<STOP>

The memory contents will be output with the same print format as with a printer operation, including multiple printouts and different formats (s. man. 6.6.1).

During the output of data memory, the remaining memory content (in kB) to be output is continuously indicated in the function **Residual outPut**. Time, date and number show the current values .

Remaining memory output:

Residual outPut: 12.5 kB

current number of memory output:

Number: 01-001A

current time and date of memory output:

Time: 12:34:56 Date: 01.01.04

Clear memory

Select function **Memory free** (s. 8.4):

Memory free: **384.5kB**

To clear the memory, press the key:

<CMEM>

Full memory capacity is indicated in function:

Memory free: 512.0kB

Cancel by using the key:

<ESC>

10.3 Sensor Programming

As all ALMEMO® instruments contain the whole sensor programming stored in the ALMEMO® connector plug, the user, usually, does not need to perform any programming. Only if, for example, sensor errors must be corrected or existing sensors must be scaled or limit values need to be specified the comprehensive programming options have to be used.

If the corresponding sensor connector is connected all parameters of a channel can be checked and entered or changed via keypad in the menu **SENSOR PROGRAMMING**. It must be considered that standard sensors are, by a locking mode, protected against unintentional modification and that the locking level must first be reduced before desired changes can be performed (s. 10.3.4). The functions are only selectable as far as the locking mode allows, the rest appears in grey.

```

* SENSOR PROGRAMMING *
Connector: 0   Channel: 00
Comment:      Temperatur
Averaging mode:  CONT
Locking mode:   5
7 Limit max:   35.0 °C
7 Limit min:   -----
5 Base:        -----
5 Factor:      -----
5 Exponent:    0
4 Zero correct: -----
4 Slope correct: -----
2 Dimension:   °C
1 Range:       NiCr
MALL          M PRINT ESC
  
```

Output of the sensor programming of all active measuring points (command P15 s. man. 6.2.3) with key:

<PRINT>

10.3.1 Selecting the Input Channel

To query or to program the parameters of a sensor, it is first necessary to select the menu **SENSOR PROGRAMMING** and then to set the required input channel by using the key **▲** or **▼**. For this, only connected sensors and activated channels will be considered. To be able to activate new channels, the key **<MALL>** can be used to enable the selection of **all** channels. The key **<MACT>** can be used to reduce the selection back to the **active** channels only. The corresponding connector number will be displayed with each input channel.

Menu **SENSOR PROGRAMMING** :

Indication of connector number and channel:

Connector:0 Channel:00

Selecting the next input channel using the key:

▲

Selecting the previous input channel using the key:

▼

Enabling the selection of all available channels:

<MALL>

Reducing the selection to all active channels:

<MACT>

10.3.2 Measuring Point Designation

Each measuring point can be given a 10-digit alphanumeric designation to optimally identify the type of sensor, the measuring location or the purpose of the application. This comment will be indicated with all standard displays of measured values. If it has not been programmed, the abbreviation of the measuring range will be indicated. In case of outputs via interface the measuring point designation appears in the program header as 'COMMENT' and in the list of measured values (see man. 6.6.1).

Input in function 'Comment' s. 8.5

Comment: Humidity



It is possible, by means of comment '*J', to define temperature sensor (Ntc, Pt100) as external cold junction compensator (s. 9.2.7, man. 6.7.3). It is now also possible (a new feature), by means of comment "#J", to define, via the reference channel, a specific cold junction sensor (e.g. connector ZA9400-FSx with Ntc) to apply to just one thermocouple (s. 9.2.7).

10.3.3 Averaging Mode

The types of averaging, which are defined through the function **Averaging mode** are described in section 9.4.2.

Function no averaging:

Averaging mode: -----

Averaging over all running measuring point scans:

CONT

Averaging over all scans in one cycle:

CYCL

10.3.4 Locking the Programming of the Sensor

The function parameters of each measuring point are protected by the locking mode up to an adjustable locking level (s. man. 6.3.12). Before any programming is performed the locking mode must be correspondingly lowered. If a dot is indicated following the locking mode on the display then a modification is not possible.

Locking Level

Locked Functions

0	none
1	Meas.range + element flags + output mode
3	+ Dimension
4	+ Zero point and slope correction
5	+ Base value, factor, exponent
6	+ Analog output, start and end
7	+ Limit values, max and min

Function 'LockingMode':

Locking: 5

In the menu **SENSOR PROGRAMMING** the functions are arranged from top to bottom so that the locked functions cannot be selected.

10.3.5 Limit Values

Two limit values (MAX, MIN) can be programmed and allocated to each measuring channel. An exceeding of limit values is handled as a fault, similar to an exceeding of meas. range limits and sensor breakage. On the display a corresponding arrow ▲ or ▼ will appear next to the measured value and the alarm relays of a connected relay cable will respond (s. 10.6.2). Relays can also be assigned to limit values (s. 10.4.3). The alarm condition will persist until the measured value has dropped below the limit value by the Hysteresis. Generally, the hysteresis is set to 10 digits, however, it can be adjusted to values between 0 and 99 digits (s. 10.5.7). The exceeding of a limit value can also be used to start or stop a measurement (s. 10.4.3).

Function:

Enter limit value max (s. 8.5):

7 Limit max: 123.4°C

Limit value min:

7 Limit min: -----°C

Switching off the limit value:

<OFF>

Switching on the limit value:

<ON>

10.3.6 Scaling, Decimal Point Setting

For indicating the electrical signal of a sensor as a measured value of a physical variable it is, in most cases, necessary to set a zero point shift and to perform a multiplication with a certain factor. The functions BASE and FACTOR are available for this. A detailed description of the scaling, including an example, can be found in the manual section 6.3.11.

Indicated value = (Corrected Measured Value - BASE) x FACTOR.

The FACTOR can be programmed in the range from -2.0000 to +2.0000. For factors over 2.0 or under 0.2 a corresponding decimal point setting must be considered by entering the EXPONENT. The EXPONENT allows to shift the decimal point to the left (-) or right (+) as far as it can be indicated on the display and printer. An exponential presentation of the measured values is not possible.

For automatic calculation of the scaling values:

5 Base: -----

5 Factor: -----

5 Exponent: 0

In the ASSISTANT Menus there is an extra menu Scaling consisting of actual and set-point values.

The correction arrow ↗ will be indicated as status of the measured value (s. 8.3), if scaling values have been programmed and the actual measured value has been altered.

```

SCALING
Connector: 0 Channel: 00
Actual value 1: 4.000 mA
Actual value 2: 20.000 mA
Decimal Places: 1
2 Dimension: °C
SetPoint 1: -100.0 °C
SetPoint 2: 400.0 °C
5 Base: 720.0 °C
5 Factor: 0.3125
5 Exponent: 2
4 SloPe correct: -----
00: 27.0 °C
OK F ESC
  
```

10.3.7 Correction Values

The correction values ZERO CORRECTION and SLOPE CORRECTION allow for correcting sensors with regard to zero point and slope (s. man. 6.3.10).

Corrected Meas. Value = (Meas.Value - ZERO CORR.) x SLOPE CORR.

Function:

Zero point correction:

↳ Zero correct: -----°C

Slope correction:

↳ SloPe correct: -----°C

Switch on/off keys:

<OFF> or **<ON>**

The correction arrow ↗ will be indicated as status of the measured value (s. 8.3), if scaling values have been programmed and the actual measured value has been altered.

10.3.8 Changing the Dimension

Each measuring channel allows to replace the standard dimension of the measuring range by any other dimension that has two digits (see manual 6.3.5). In addition to all capital and normal letters, the characters Ω, %, [,], *, -, =, ~ and spaces () are available. The dimension is indicated by two characters that are indicated next to the measuring and programming values.

The **dimension can be changed** using the function: 2 Dimension: °C



When the dimension °F is entered a temperature value in degree Celsius will be converted into degrees Fahrenheit. The cold junction compensation can be switched off by using the characters !C. The following dimensions are automatically generated, entering 2 corresponding characters: ml\$ at m\$, m³lh at mh, l/lm² at l/m, g/lk at gk.

10.3.9 Selecting the Measuring Range

If users want to program the connectors on their own or if they frequently change the measuring range, it must be considered that the locking must be cleared, i.e. set to zero (s. 10.3.4), and that special connectors may be required for some transducers (e.g. thermo, shunt, divider etc., see table). To activate a new measuring channel, activate all channels by using the key **<MALL>** select the corresponding input channel (s. 10.3.1) and then enter the measuring range. With the input acknowledgement of the new measuring range all programming values of the input channel will be cleared.

Function Meas. Range Selection:

1 RANGE: NiCr

Enabling the selection of all avail. meas. channels:

<MALL>

Switch-off, i.e. deactivating a channel:

<CLR>

Switch-on, i.e. re-activating the channel:

PROG , **PROG**

Programming of range as with data input, 8.5

PROG , **▲** ... , **PROG**

In the input window all abbreviations of the following table are indicated successively

and a corresponding help window to identify the sensors:

1 RANGE: **FECO**

ZA 9021FSL
 Thermocouple Typ L
 -200.0 ... 900.0 °C

Transducer	Conn./Cable/ Sensor	Meas. Range	Dim	Display
Pt100-1 ITS90	ZA 9000-FS	-200.0... +850.0	°C	P104
Pt100-2 ITS90	ZA 9000-FS	-200.00...+400.00	°C	P204
Pt1000-1 ITS90 (element flag 1)	ZA 9000-FS	-200.0... +850.0	°C	P104
Pt1000-2 ITS90 (element flag 1)	ZA 9000-FS	-200.00...+400.00	°C	P204
Ni100	ZA 9000-FS	-60.0... +240.0	°C	N104
NiCr-Ni (K) ITS90	ZA 9020-FS	-200.0...+1370.0	°C	NiCr
NiCroSil-NiSil (N) ITS90	ZA 9020-FS	-200.0...+1300.0	°C	NiSi
Fe-CuNi (L)	ZA 9000-FS	-200.0... +900.0	°C	FeCo
Fe-CuNi (J) ITS90	ZA 9000-FS	-200.0...+1000.0	°C	IrCo
Cu-CuNi (U)	ZA 9000-FS	-200.0... +600.0	°C	CuCo
Cu-CuNi (T) ITS90	ZA 9000-FS	-200.0... +400.0	°C	CoCo
PtRh10-Pt (S) ITS90	ZA 9000-FS	0.0...+1760.0	°C	Pt10
PtRh13-Pt (R) ITS90	ZA 9000-FS	0.0...+1760.0	°C	Pt13
PtRh30-PtRh6 (B) ITS90	ZA 9000-FS	+400.0...+1800.0	°C	EL18
Au-FeCr	ZA 9000-FS	-270.0... +60.0	°C	AuFe
W5Re-W26Re (C) **	ZA 9000-SSC	0.0...+2320.0	°C	WR26
Ntc Type N	ZA 9000-FS	-30.00...+125.00	°C	Ntc
Ntc Typ N **	ZA 9040-SS3	0.000...+45.000	°C	Ntc3
Ptc Typ Kty84 **	ZA 9040-SS4	-0.0...+200.0	°C	KTY
Millivolt 1	ZA 9000-FS	-26.000...+26.000	mV	mV 1
Millivolt	ZA 9000-FS	-10.000...+55.000	mV	mV
Millivolt 2	ZA 9000-FS	-260.00...+260.00	mV	mV 2
Volt	ZA 9000-FS	-2.6000...+2.6000	V	Volt
Differential Millivolt 1	ZA 9000-FS	-26.000...+26.000	mV	D 26
Differential Millivolt	ZA 9000-FS	-10.000...+55.000	mV	D 55
Differential Millivolt 2	ZA 9000-FS	-260.00...+260.00	mV	D260
Differential Volt	ZA 9000-FS	-2.6000...+2.6000	V	D2.6
Sensor voltage	any	0.00...20.00	V	Batt
Milliampere	ZA 9601-FS	-32.000...+32.000	mA	mA
Percent (4-20mA)	ZA 9001-FS	0.00... 100.00	%	%
Ohm	ZA 9000-FS	0.00... 400.00	Ω	Ohm
Ohm **	ZA 9003-SS3	0.000... 50.000	Ω	Ohm1
Frequency	ZA 9909-AK	0... 25000	Hz	Freq
Pulse	ZA 9909-AK	0... 65000		Puls

10. Programming With Programming-Menus

Transducer	Conn./Cable/ Sensor	Meas. Range	Dim	Display
Digital input	ZA 9000-EK2	0.0... 100.0	%	Inp
Digital interface	ZA 9919-AKxx	-65000... +65000		DIGI
Infrared 1	ZA 9000-FS	0.0... +200.0	°C	Ir 1
Infrared 4	ZA 9000-FS	-30.0... +100.0	°C	Ir 4
Infrared 6	ZA 9000-FS	0.0... +500.0	°C	Ir 6
Rotating Vanes Normal 20	FV A915-S120	0.30... 20.00	m/s	S120
Rotating Vanes Normal 40	FV A915-S140	0.40... 40.00	m/s	S140
Rotating Vanes Micro 20	FV A915-S220	0.50... 20.00	m/s	S220
Rotating Vanes Mikro 40	FV A915-S240	0.60... 40.00	m/s	S240
Rotating Vanes Macro	FV A915-MA1	0.10... 20.00	m/s	L420
Rotating Vanes Water-Micro	FV A915-WM1	0.00... 5.00	m/s	L605
Dyn.press. 40m/s with TC u. PC	FD A612-M1	0.50... 40.00	m/s	L840
Dyn.press. 90 m/s with TC u. PC	FD A612-M6	1.00... 90.00	m/s	L890
Flow sensor SS20 **	ZA9602-SSS	0.50... 20.00	m/s	L920
Rel. humidity cap.	FH A646	0.0... 100.0	%H	°rH
Rel. humidity cap. with TC	FH A646-C	0.0... 100.0	%H	HcrH
Rel. humidity cap. with TC	FH A646-R	0.0... 100.0	%H	H rH
Humid temperature HT	FN A846	-30.00...+125.00	°C	P HT
Conductivity probe with TC	FY A641-LF	0.0 ...20.000	mS	LF
CO ₂ Sensor	FY A600-CO2	0.0 ... 2.500	%	CO2
O ₂ Saturation with TC a. PC	FY A640-O2	0 ... 260	%	O2-S
O ₂ Concentration with TC	FY A640-O2	0 ... 40.0	mg/l	O2-C
Function channels s. 10.3.10				
* Mixture ratio with PC	FH A646	0.0 ... 500.0	g/kg	H AH
* Dew point temperature	FH A646	-25.0... 100.0	°C	H DT
* Partial vapour pressure	FH A646	0.0...1050.0	mbar	H VP
* Enthalpy with PC	FH A646	0.0 ... 400.0	kJ/kg	H En
* Rel. humidity psychr. with PC	FN A846	0.0 ... 100.0	%H	P RH
* Mixture ratio with PC	FN A846	0.0 ... 500.0	g/kg	P AH
* Dew point temperature with PC	FN A846	-25.0 ... +100.0	°C	P DT
* Partial vapour pressure with PC	FN A846	0.0 ...1050.0	mbar	P VP
* Enthalpy with PC	FN A846	0.0 ... 400.0	kJ/kg	P En
Measuring value (Mb1)	any		f(Mb1)	Mess
Difference (Mb1-Mb2)	any		f(Mb1)	Diff
Maximum value (Mb1)	any		f(Mb1)	Max
Minimum value (Mb1)	any		f(Mb1)	Min
Average value over time (Mb1)	any		f(Mb1)	M(t)
Count of avg. values (Mb1)	any		f(Mb1)	n(t)
Avg.val. over meas.pts (Mb2..Mb1)	any		f(Mb1)	M(n)
Sum over meas. pts (Mb2..Mb1)	any		f(Mb1)	S(n)
Total pulse count (Mb1)	ZA 9909-AK2	0... 65000		S(t)
Pulse count/print cycle (Mb1)	ZA 9909-AK2	0... 65000		S(P)

Transducer	Conn./Cable/ Sensor	Meas. Range	Dim	Display
Alarm value (Mb1)	any		%	A1rm
Thermal coeff. $\bar{q}/(M01-M00)$	ZA 9000-FS		W/m ² K	q/dT
Wet bulb globe temperature	ZA 9000-FS		°C	WBGT
Cold junction temperature	any		°C	CJ
Volume m ³ /h Mb1 · Q	any		m ³ /h	Flow
Timer	beliebig	s.9.4.6 0...65000	s	Time
Temp. for Refrigerant R22 °	FDA602Lx	-90.0...+79.0	°C	R22
Temp. for Refrigerant R23 °	FDA602Lx	-100.0...+26.0	°C	R23
Temp. for Refrigerant R134a °	FDA602Lx	-75.0...+101.0	°C	R134
Temp. for Refrigerant R404a °	FDA602Lx	-60.0...+65.0	°C	R404
Temp. for Refrigerant R407c °	FDA602Lx	-50.0...+86.0	°C	R407
Temp. for Refrigerant R410 °	FDA602Lx	-70.0...+70.0	°C	R410
Temp. for Refrigerant R417a °	FDA602Lx	-50.0...+70.0	°C	R417
Temp. for Refrigerant R507 °	FDA602Lx	-70.0...+70.0	°C	R507

TC = Temperature Compensation, PC = Atmospheric Pressure Compensation,
Mbx = Reference channels

* Calculated variables of humidity (Mb1=Temperature, Mb2=Humidity/Humid temp.)

++ only via special connectors with internal characteristic, others available by request) (see 10.3.11)

° 8 measuring ranges for refrigerants - only with device option R (Mb1 = pressure in mbar)

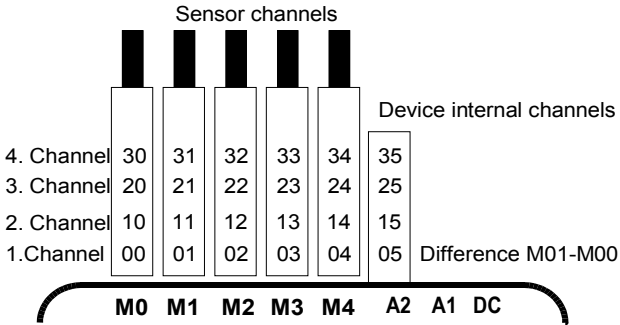
10.3.10 Function Channels

At the end of the table of measuring ranges and units (see above) under the sub-heading **Function channels** there is a group for representing function parameters in measured value processing or calculated results from linking certain measured values on measuring channels (see Manual 6.3.4). Reference to the actual measuring channels is provided by one or two reference channels. For all function channels there are preferred channels on the appropriate connector; reference channel programming is not required because these values are referred to by standard reference channels Mb1 and Mb2.

Function	Function channel	Ref. Channel 1	Ref. Channel 2
* Humidity variables cap.	to 3. or 4.Channel	Mb1=Temperatur	Mb2=Humidity
* Humidity variables psy.	to 3. or 4.Channel	Mb1=TT	Mb2=HT
Function parameters (Mb1)	to 2., 3. or 4.Channel	Mb1= 1.Channel	
Difference (Mb1-Mb2)	to 2., 3., 4.Chan. (Mb1)	Mb1= 1.Channel	Mb2=M00
Avg. value over Mb2..Mb1	to 2., 3., 4.Chan. (Mb1)	Mb1= 1.Channel	Mb2=M00
Sum over Mb2..Mb1	to 2., 3., 4.Chan. (Mb1)	Mb1= 1.Channel	Mb2=M00
$\bar{q}/(M01-M00)$	to 2., 3., 4.Chan. (q)	Mb1= 1.Channel	Mb2=M05
WBGT	to 2.Channel (GT)	Mb1= 1.Channel	Mb2=M00

Arrangement of channels on the connectors :

Once the range has been programmed the standard reference channels can be used (see above). Settings for the reference channels are described in 10.4.6. The best approach is to use the **Function channel** assistant.



A new feature is the presence of four device-internal channels:

M9 is programmed by default as differential channel M1-M0; this applies if there are two sensors with the same units and same decimal point position connected at measuring points M0 and M1. However, all four channels can be used in conjunction with any function channels with standard reference channels Mb1=M1 and Mb2=M0 assigned; i.e. if you want to program a function parameter without reference channel on a device-internal basis, the sensor must be connected to M1.

Advantage of device-internal channels:

If several sensors are being used for the same application, they do not have to be reprogrammed and can be freely exchanged without losing their function channel assignment. However, if the whole application operates with just one sensor, then programming on the sensor itself makes more sense.

10.3.11 Special meas. ranges, linearization, multi-point calibration

Thanks to the new ALMEMO special connectors with extra memory for additional data (larger EEPROM, code E4) the following tasks can now for the first time be elegantly performed :

1. Provision of special measuring ranges with internal characteristic (s. 10.3.9)
2. Linearization of signals for voltage, current, resistance, or frequency set by the user
3. Multi-point calibration of all sensors

The ALMEMO 2890-9 can as standard evaluate all appropriately programmed connectors. With the special KL variant it is also possible to convert measuring signals into appropriate display values in line with a characteristic of up to 30 support values. These support points are programmed to the EEPROM in the ALMEMO connector using the AMR-Control software. During a measuring operation the measured values are interpolated between these on a linear basis. When correcting non-linear sensors (e.g. with Pt100 or thermocouple sensors) initially the original characteristics are considered; then only the deviations are interpolated on a linear basis and inserted.

If a channel with a characteristic is deactivated or programmed with a different range, the characteristic is subsequently reactivated by programming the special range 'Lin' by means of the keyboard or command "B99".

10.4 Special Functions

The data logger 2890-9 has a separate menu allowing access to all ALMEMO® special functions, which despite only rarely being required during routine operation, are very useful for some applications (see manual 6.10). These functions can (to a certain extent) be very complex and should only be used if their operation is completely understood.

```
*  SPECIAL FUNCTIONS  *
Connector: 1 Channel: 11
Print cycle factor:    01
U-Sensor min:        12.0 U
7 Action max:        Start R1
7 Action min:        Ende R2
6 Analog-start:      0.0 °C
6 Analog-end:        300.0 °C
  Output function:    MESS
1 Reference ch. 1:    (01)
1 MultiPlexer:       (B-A)
Element flags:       IR
Calibration offset:  -12345
Calibration faktor:  43210
M PRINT ESC
```

10.4.1 Print Cycle Factor

For the adaptation of the data recording to the update speed of the individual measuring points it is possible to program a print cycle factor between 00 and 99 to output measuring points less often or not at all (see manual 6.10.6). Only disturbed measuring points, e.g. on exceeding of limit values will always be output. Generally, the print cycle factor of all measuring points is cleared or set to 01, i.e. all activated measuring points will be output at each cycle. If a different factor, e.g. 10 is programmed, the corresponding measuring point will only be put out once in ten times, however, if 00 is programmed it will not be output. The data recording also allows to suppress unnecessary measured values and, as a result, saves memory space.

Enter the print cycle factor (s. 8.5) in function:

Print cycle factor: 01

Clearing the print cycle factor with the key:

<CLR>

10.4.2 Minimum Sensor Supply Voltage

Similarly to all ALMEMO® devices, the sensor supply voltage is also monitored in the 2890-9. It is also displayed in the menu **Power supply** (s. 10.7). However, there are also sensors, which require for a correct operation a supply voltage, which requires a charged accumulator or a power supply unit. To avoid measuring errors, the sensor programming allows to individually program the required minimum sensor voltage for each transducer. In case of falling below this voltage the measured value is treated as sensor breakage (indication L flashes).

Entering the minimum sensor supply voltage:

U-Sensor Min: 12.0 U

Switching off the voltage control with the key:

<CLR>

U-Sensor Min: ---- U

10.4.3 Limit Value Responses

Relay Allocation

As standard, both limit values of all measuring points of a device are used for fault alarms (s. 10.3.5), i.e. if an exceeding of a limit value occurs at any measuring point, the relay 0 responds if an Alarm Relay Cable or a corresponding Relay Adapter (s. man. 5.2/3) is used. It only opens again, after all measured values have dropped below the limit values by as much as the hysteresis. If a limit value has not been defined, the measuring range limit will be used as limit value. A sensor breakage will always cause a fault alarm.

To distinguish between max value exceeding and min value undershooting the alarm signal generators can be re-programmed to variant 1 (s. 10.6.2, man. 6.10.9).

If it is necessary to selectively identify and evaluate faults, the function **Action Max**, **Action Min** or the assistant menu **LIMITS, ALARM** can be used to allocate individual relays to the limit values. It is also possible to allocate several limit values to one relay. For this purpose the relay cables provide 2 relays (0 and 1) and the relay adapter (ZA 8000-RTA) provides 4 relays (0 to 3). This mode also has to be set as variant 2 in the output module (s. 10.6.2, man. 6.10.9).

```

LIMITS, ALARM
-----
Select measuring channel:
MO: 216.7 °C
7 Limit max:      300.0 °C
Relay: 0
7 Limit min:      100.0 °C
Relay: 1

Output socket: A2
Use alarm cable, set variant
EA Trigger-Alarm
2: Rx int. assigned
Relay: 01-----

M PRINT ESC
    
```

Setting the relay module to variant 2:
(relay int. allocated)

Activating relay x at limit value exceeding Max:

Activating relay y at limit value undershooting Min:

Clearing the relay allocation using the key:

```

Output socket: A2
EA Trigger-Alarm
2: Rx int. allocated
7 Action max:  ----- Rx
7 Action min:  ----- Ry
<CLR>
    
```

Starting and Stopping a Measurement

Exceeding of limit values can not only be used for fault alarms but also to start or stop a measurement (s. man. 6.6.3). The start command or stop command is assigned to a limit value - also by means of the functions **Action max** and **Action min**.

Start measuring operation at limit value, max.: 7 Aktion Max: **Start** -- S
 Manual inquiry at limit value, maximum: 7 Aktion Max: **Manu** -- M
 Zero-setting timer 2 at limit value, maximum: 7 Aktion Max: **TZero** -- T
 Stop measuring operation at limit value, min: 7 Aktion Min: **Stop** -- E
 Clear response by using the key: **<CLR>**

Printout of relay assignment x (s. man 6.10.8) and action Y (s. man 6.6.3) as assembled code in the sensor programming (s. man 6.10.1).

10.4.4 Analog Output Start and End

In most cases the analog output of measured values to the analog output modules (see manual 5) or the display as bar or line chart must be scaled to a specified sub-range. For this, it is just necessary to specify the start and end value of the display range required by you. This range is then mapped to the analog range 2V, 10V, 20mA or, for the display, to 100 dots.

Programming the **analog output start**: 6 Analog start: 0.0°C
 Programming the **analog output end**: 6 Analog end: 100.0°C

These two parameters, analog output start and analog output end, are also stored in the EEPROM of the sensor and can, therefore, be individually programmed for each channel, i.e. during a manual switch through the channels an individual scaling is available for each measuring variable.

The flag for switching over from 0-20mA to 4-20mA can be programmed through the element flags (s. 10.4.8).

There is the assistant menu **Analog output** (s. 10.6.3) to programm all parameters of an analog output.

10.4.5 Output Function

If not the real measured value but only the Max, Min, Average or Alarm value is required, then this function can be programmed as output function (see manual 6.10.4). As a result, only the corresponding function value will be considered for storing and analog or digital output. For control of the changed output function the symbol below is displayed next to the measured value (s. 8.3).

Examples:

1. If meas. values are averaged over the cycle only the average value is relevant as output value, but not the last measured value. This way, memory space can be saved in a data logger.
2. The analog measured value of the dew sensor FH A946-1 has no meaning. If the limit value Max is set to approximately 0.5V, and the measuring function 'Alarm Value' is programmed only the relevant values 0.0% for dry and 100.0% for 'dew' will be displayed.

Output Function	Control Symbol	Menu
Measuring value		OutPut Function: Meas
Difference	D	OutPut Function: Diff
Maximum value	H	OutPut Function: Max
Minimum value	L	OutPut Function: Min
Average value	M	OutPut Function: M(t)
Alarm value	A	OutPut Function: Alarm

10.4.6 Reference Channel 1

The arithmetic functions of the function channels, generally, refer to a particular measuring channel (or 2 meas. channels) (s. 10.3.10, man. 6.3.4). During the programming of a function channel the first channel of the corresponding sensor connector Mxx1 is automatically set as reference channel Mb1. The 2nd reference channel Mb2 (for difference, average value M(n) etc.) is, initially, the measuring point M00. In function **Reference ch. 1** it is possible to set other measuring points as reference channel, either absolutely by specifying a particular measuring point or by specifying the 'distance' referred to the function channel (e.g. -01 identifies the channel preceding the function channel).

Programming of the ref. channel 1 absolute: **1 RefChannel 1: 01**
 Programming of the ref. channel 1 relative: **1 RefChannel 1: -10**

10.4.7 Reference Channel 2 or Multiplexer

In case of function channels, which require a second reference channel (s. above), the function **Reference channel 2** will automatically be displayed in the line after **Reference channel 1**. In all other cases it is possible to change the pin assignment in the connector by changing the input multiplexer with the function **MultiPiexer** (s. manual 6.10.2).

Programming of the ref. channel 2 absolute: **1 RefChannel 2: 00**
 Programming of the ref. channel 2 relative: **1 RefChannel 2: -01**
 Measuring inputs B+ and A-, GND-referred **1 MultiPiexer: B-A**
 Measuring inputs C+ and A-, GND-referred **1 MultiPiexer: C-A**
 Measuring inputs D+ and A-, GND-referred **1 MultiPiexer: D-A**
 Differential measuring inputs C+ and B- **1 MultiPiexer: C-B**
 Differential measuring inputs D+ and B- **1 MultiPiexer: D-B**

10.4.8 Element Flags

For a realization of sensor-specific additional functions, element flags can be activated at each measuring channel (s. manual 6.10.3)

Measuring current 1/10 for Pt1000, 5000Ω: **ElementFlags: I 1/10**
 Emission and background temp. for IR sensors: **ElementFlags: IR**
 Meas. bridge with switch for final value simulation: **ElementFlags: Bridge**
 (Activation base value:)* **ElementFlags: Flag 4**
 Deactivating electrical isolation (see) **ElementFlags: Iso Off**
 (Element flag 6:)* **ElementFlags: Flag 6**
 Switch-off of the sensor breakage detection: **ElementFlags: Br Off**
 Analog output 4-20mA instead of 0-20mA: **ElementFlags: A 4-20**

* At the ALMEMO 2890-9 these element flags have no meaning

10.5 Device Configuration

Some fundamental settings can be taken in the menu **DEVICE CONFIGURATION**. The device designation serves as print header in log printouts and facilitates the assignment within a network. Furthermore, the device address is imperative in a network. The baud rate can be adapted to external devices. Three levels are available for the lighting of the display. The setting of the atmospheric pressure for the compensation of certain sensors is particularly suitable at corresponding altitudes. The standard value of the hysteresis of alarm relays can be changed. For checking the device the channel number and cold junction temperature are indicated.

```
* DEVICE CONFIGURATION *
-----
Device designation:
Ahiborn, Holzkirchen
Device: 00          U: 6.05 XY
Baud rate:         9600 Bd
Language:          Deutsch
Lighting level:    1
Lighting duration: 20 s
Contrast:          50 %
Air. Pressure:     1013 mb
Hysteresis:        10
Configuration:    FCR-----
Meas.channels:    40 Active: 05
CJ-Temperature:   25.4 °C
-----
PRINT ESC
```

10.5.1 Device Designation

The function **Device designation** (s. manual 6.2.4) allows to enter any text with max 40 digits (s. 8.5). The text appears in the main menu, in the print header of a measurement and in device lists (software).

Function **Device designation:**

Device designation:
Ahiborn, Holzkirchen

10.5.2 Device Address and Networking

All ALMEMO® instruments can be very easily networked to centrally acquire the measured values of several instruments that are located at different places (see manual 5.3). For communicating with networked devices it is mandatory that all devices have the same baud rate and an own individual address as only one device is allowed to respond to each command. Therefore, before any network operation it is necessary that all connected devices are set to different device numbers. For this, the function **Device** is available. Generally, the device number 00 is set as the factory default value in this function. It can be changed by the usual data entry (s. 8.5). For checking purposes it is followed by the device type, the version number and, possibly, an option code (s. manual 6.10.11).

Device address with type, version, option: **Device: 00 2890-9 U:6.05XY**

Example: address: 00, type: 2890-9, version: 6.05, option: XY



Only successive numbers between 01 and 99 should be entered for network operation so that the device 00 cannot be falsely addressed in case of a power supply failure.

10.5.3 Baud Rate, Data Format

All interface modules are factory-set and programmed to 9600 baud. To avoid unnecessary problems when networking several devices the baud rate should not be modified but the computer or printer should be set up accordingly. If this is not possible the values 1200, 2400, 4800, 9600bd or 57.6, 115.2 kbd can be entered in the function **Baud Rate** (please consider the max. baud rate of the interface module!). The baud rate setting will be stored in the EEPROM of the interface module and will then be valid for use with all other ALMEMO devices.

Function **Baud Rate** : **BaudRate:** **9600bd**

Data Format: unchangeable 8 data bits, no parity, 1 stop bit

10.5.4 Language

The user can choose between German / English / French as the interface language in which the functions are labeled in the display; (other languages are also available as options). The soft-keys are international; these cannot be changed. If German is not specifically selected, printouts will be in English.:

Language selection in function **Language** s. 8.5: **Language:** **English**

10.5.5 Lighting and Contrast

The background lighting of the display can be switched on or off in 3 levels in the selection menus by using the key **< * ON >** or in the function **Lighting** of the device configuration (attention, the power consumption is five times higher in level 3!). If the lighting is switched on when a mains supply adapter is not connected, the lighting will switch off in a configurable lighting time after the last key was operated (pause), and it will switch on again as soon as any key is operated. With the function **Contrast** the contrast of the display can be set to 10 different positions.

Switching on the lighting, level 1 to 3: **Lighting level:** **2**
Switching off the lighting, level 0: **Lighting level:** **0**
Entering the lighting time from 20sec to 10 min: **Lighting time:** **20s**

If the **lighting is switched on**,

the status line provides the symbol:

If it is temporarily switched off, lights up:

Switch-on **without** function by using the key:

Setting the contrast (10 to 100%) s. 8.5:

***** Lighting on

***** Pause

<ESC>

Contrast: **50%**

10.5.6 Atmospheric Pressure

For compensation of various sensors the atmospheric pressure can be entered (s. 9.2.6). If it is measured, it will also be indicated in this function:

Entering the atmospheric pressure in function: **Atm. Pressure** **1013mb**

10.5.7 Hysteresis

In case of an exceeding of limit values the hysteresis of an alarm condition can, generally for all sensors, be set in the function **Hysteresis** (s. 10.3.5 and manual 6.2.7) within the range from 0 to 99 digits (standard setting is 10 digits).

Change hysteresis (0 to 99) s. 8.5:

Hysteresis: 10

10.5.8 Operating Parameters

Some operating parameters are software options and can be user-configured with the function **Configuration** (s. manual 6.10.13.2).

Mains frequency noise suppression 60Hz instead of 50Hz **Configuration: F-----**

Clearing all measured values on start of a measurement **Configuration: -C-----**

Ring memory (overwriting of old data when full) **Configuration: --R-----**

Switching off the signal transmitter **Configuration: -----S--**

The following parameters can be used to check the device function:

Out of 20 channels 5 are activated:

Meas.Chan:20 active:05

Cold junction temperature = socket temperature:

CJ-TemPerature: 25.4°C

10.6 Output Modules

The data logger ALMEMO® 2890-9 has two output sockets, A1 and A2, to allow an output of the measured values as analog or digital values or as alarm signals. Furthermore, it is possible to trigger various functions through trigger pulses. To suit all possibilities, while keeping the hardware requirements at a minimum, all necessary interfaces have been integrated into the ALMEMO® output connectors.

The output modules, like the sensors, are automatically detected and displayed in the menu **OUTPUT MODULES** so that, generally, no programming is required.

The various connection possibilities are only listed here, but they are concretely described in the manual section 5.

```

*   OUTPUT MODULES   *
-----
Output socket A1:
DK Data cable
0: RS232

Baudrate:           57.6 kBd

Output socket A2:
EA Trigger-Alarm
2: Rx int. assigned
Relay: 01-----

Analogue channel:   00
Analogue value:     +32500
PRINT ESC

```

10.6.1 Data cable

The serial interface can be used to output cyclic data logs, all function values of the measuring menus, as well as the whole programming of the sensors and the device to a printer or computer. All ALMEMO® data cables (e.g. RS-232, RS-422, optic fiber, USB, Ethernet, Bluetooth, etc.) and the various connections to the devices are described in the Manual, Section 5.2. Other modules for networking the devices are described in the Manual, Section 5.3. All available interface modules are connected to socket A1 (3); this is with the exception of cable ZA 1999-NK which is used for networking a further device; this must be connected to socket A2.

Under the prevailing socket the menu indicates:

```

Outout Socket A1:
OK Data cable
0: RS232
Baudrate: 9600 Bd
    
```

Variant 0: Standard interface always active

The baud rate is also stored in the cable connector:

10.6.2 Relais Trigger Cable

The combined input and output cables (ZA 1000-EAK) and the relay trigger analog adapter ZA 800x-RTA (see manual 5.1.2/3) provide max. 4 switching contacts for the triggering of peripheral devices and trigger inputs (see manual 6.6.4). They are connected to the output socket A2 (3) and their function can be programmed (see manual 6.10.9):

Module	Type	No	Abbrev	Comment	
Trigger cable	EK	0	EK0	Start/stop succession with pos. edge/contact	
	EK	1	EK1	Single Measuring Point Scan	
	EK	2	EK2	Clear Max/Min values	
	EK	3	EK3	Print the function	
	EK	4	EK4	Start/stop level-triggered	
	NK	8	EK8	Setting the measured value to zero	
	Alarm cable	GK	0	AK0	Relay R0 alarm from all channels
		GK2	1	AK1	Relay R0 alarm Max, R1 alarm Min
GK3		2	AK2	Relay Rx internally allocated (s. 10.4.3)	
Trigger alarm	AK	8	AK8	Relay Rx externally triggered	
	EGK	0	EA0	Start/stop, relay R0 alarm from all channels	
	EGK	1	EA1	Start/stop, relay R0 alarm Max, R1 alarm Min	
	EGK	2	EA2	Start/stop, relay Rx internally allocated	
EAK	8	EA8	Start/stop, relay Rx externally triggered		

At socket A2:

```

Output Socket A2:
EA Trigger Alarm
2: Rx int. allocated
Relay: -1-----
    
```

a trigger alarm cable is connected,
programmed to variant no. 2,
the relay R1 is activated

After the function selection the variant x can be programmed.

The alarm variant no. 2 'Relay internally allocated' additionally requires the **al- location of the relays** to particular limit values (s. 10.4.3).

The variant no. 8 'Externally Triggered' allows a **manual triggering** of relays through the keypad or via the interface (see manual 6.10.10.).

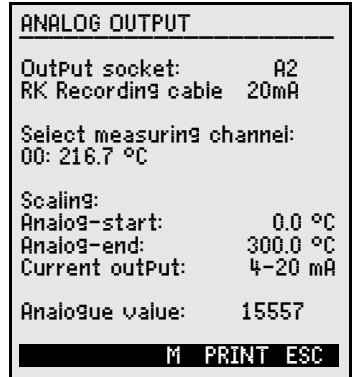
Trigger alarm cable
 programmed to variant no.8
 Programming of the relay state, s. 8.5

EA Trigger Alarm
 8: Rx ext. triggered
 Relay:

10.6.3 Analog Output

For analog acquisition of the selected measur- ing point either an analog output cable ZA 1601-RK (see manual 5.1.1) without electrical isolation or a relay trigger analog adapter ZA 8000-RTA (see manual 5.1.3) with electrically isolated analog output can be connected to the sockets A1 and/or A2 (2). All parameters for configuration of the analog outputs are avail- able in the assistant menu **Analog Output**.

The functions **Analog-start and -end** for scaling have already been described in the menu **Special functions** (s. 10.4).



Selection of the output socket A1 or A2:

Selection of the measuring channel, which is to be output using the key:

Scaling of the analog output:

Programming the analog output start:

Programming the analog output end:

Only for 20mA analog outputs:

Selection between 0-20mA and 4-20mA output:

Output socket: A2
 00: 216.7 °C

▲ ...

Analog-start: 0.0°C

Analog-end: 100.0°C

Current output: 4-20 mA

Analog channel

In the menu **Output moduls**, the measuring point, which is output to the analog output to socket A2, is displayed as analog channel. Without programming, this is the selected channel Mxx. This adjustment in connection with a half-con- tinuous conversion rate (s. 10.1.3) is the most favourable, because in this way, the analog output is operated with most frequently. However, any measuring point can be determined for the analog output via programming (see above).

Analog output of the selected meas. channel Mxx: **Analogue channel: Mxx**
 Analog output of the programmed meas. chann. yy: **Analogue channel: yy**
 Programmed analog output (see below): **Analogue channel: M--**

Programmed Analog Value Output

The analog value (Output to A1) can also be programmed, manually or via interface, in a range from -12000...+20000 digits (see manual 6.10.7). Depending on the analog output the following output signals are available:

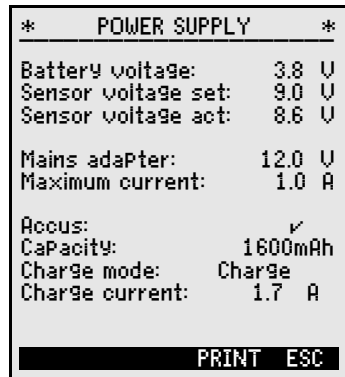
Voltage output	-1.2 ... +2.0 V	0.1mV/Digit
Voltage output	-6.0 ... +10.0 V	0.5mV/Digit
Current output	0.0 ...20.0 mA	1µA/Digit

Analogue channel: M--
 Analogue value:+05000

Output of 2.5V using the 10V output = 5000 digits:
 switching back to the meas. channel by using the key: **<OFF>**
 switching back to the previous programming value: **<ON>**

10.7 Menu Power Supply

The power supply for the measuring instrument is normally derived from six AA NiMH rechargeable batteries. The **POWER SUPPLY** menu provides an estimation of the battery's remaining operating time in the form of a current voltage display. At 3.5 volts the battery symbol in the status line starts to flash and at 3.1 volts the device switches off automatically. The current charge status cannot be displayed more exactly than this because of the different types of battery cell available.



To power the sensors a selectable sensor voltage is generated (approx. 6, 9, or 12 volts). With sensors that draw a lot of current but manage with relatively low voltage, the ideal sensor voltage selection can save a lot of energy.

Setting the desired Sensor Voltage:

Sensor voltage set: 9.0 U

Display of actual sensor voltage:

Sensor voltage act: 9.1 U

If a mains adapter is connected, the sensor voltage will always be 12V:

Mains adapter: 12.0 U

The max. admissible current is also displayed:

Maximum current: 1.0 A

If the accumulators are discerned (contact), there appears in the display:

Accumulators: ✓

The accumulator capacity must be programmed:

Capacity: 1600mAh

With mains adapter ZB 2590-NA the process of charging the batteries to 1600 mAh takes 2.5 hours and for higher capacities accordingly longer. For the duration of the charging phase the green LED "CHARGE" remains continuously lit; as soon as the battery is fully charged, the adapter switches over to trickle charge and the LED goes out.

In charging mode the charge status is displayed:

Charge mode: Charge

The charging current is set automatically:

Charge current: 1.20 A

As soon as the accumulator is fully charged, charging status displays:

Charge mode: full
Charge current: 0.01 A

the charge current switches over to trickle charge:

If the battery temperature is either too high or too low for charging or if the mains adapter is too

weak etc., the charging mode displays, e.g.:

Charge mode: T too high
Charge mode: Error 1

or a numbered error mistake:

10.8 The locking and calibration menu (option KL)

With option KL it is possible to correct calibrated sensors at several points in the connector, to manage the calibration of the device and sensors by means of serial numbers, and to lock access to certain functions. (see 10.4.11)

For this purpose the "Programming" menu contains an additional menu "Locking - calibration". The right-of-access to this and certain other menus and to key functions can be stipulated in detail and protected by password.

```
* LOCKING-CALIBRATION *
Password:      ****
Locking level: Menu: 0 Fct: 0
Device:       2890-9 6.22
Serial number: 04020123
Next calibration: 01.12.05
Signal for calibration: ✓
Sensor:       Channel: 00
Type:        FHA646-6
Serial number: 04020123
Next calibration:: 01.02.06
Calibr. interval: 12 Month
PRINT ESC
```

Menu Locking menus

- 0 none
- 1 + calibration menu, except password
- 2 + programming menus, (except recording to memory and output from memory)
- 3 + recording to memory and output from memory
- 4 + help menus
- 5 + measuring menus, except user menu U1

Fc Locking functions

and keys

t

- 0 none
- 1 + data input, switching on and off **PROG, ON, OFF, ZERO, ADJ**
- 2 + delete measured data **CMEM, CLR, CLRA**
- 3 + start/stop/output meas. operation **START / STOP, MANU, ARRAY, PRINT**
- 4 + functions select., meas. point select. **PROG, F \uparrow , M \uparrow**

No password, locking with new password

Password - - - -

Locked with password, enter correct password

Password ****

Select locking mode menu and function

Locking mode Menu: 0 Fct: 0

The device type (with version and serial number) and the sensors (with order number and in some cases serial number) are displayed. Here you can enter the date for the next calibration due. If "calibration message" is activated then, as soon as the next calibration is due, a message to this effect will appear when the device is switched on.

11. TROUBLESHOOTING

The data logger ALMEMO 2890-9 can be configured and programmed in many different ways. It allows for a connection of many different sensors, additional measuring instruments, alarm signalisers and peripheral devices. Due to the large variety of options it is possible that, under certain conditions, it does not perform as the user would expect. In most cases this will not be related to a defective device but to operating errors such as wrong settings or an inadmissible wiring. The following tests should be performed to correct or to correctly identify the error.

Error: No display at all or faulty display, no key response

Remedy: Check power supply, recharge battery, switch off and on again, reinitialise, if required (see point 6.5)

Error: Incorrect measured values

Remedy: Thoroughly check the entire programming of the channel, particularly base and zero point (menu 'Sensor Programming' and 'Special Functions')

Error: Varying meas. values or blockage during operation

Remedy: Check cabling for inadmissible electrical connection, disconnect all suspicious sensors, connect hand-held sensors and operate them in air or connect dummies (short circuit AB at thermocouples, 100 Ω at Pt100 sensors) and check, then reconnect sensors successively and check.

If an error occurs with one sensor, check the wiring, isolate the sensor if necessary, prevent influences from disturbances by shielding or twisting.

Error: Data transmission via interface does not function

Remedy: Check interface module, connections and setting:

Are both devices set to the same baud rate and transmission mode (s. 10.5.3)?

Is the correct COM interface addressed at the computer?

Is a printer in ONLINE mode?

Are the handshake lines DTR and DSR active?

A small interface tester with LEDs is very useful for checking the data flow and the handshake lines (during standby mode the data lines TXD and RXD are on a negative potential of approximately -9V and the LEDs are illuminated green. The handshake lines DSR, DTR, RTS and CTS have a positive voltage of approximately +9V and the LEDs are illuminated red. During the data transmission the data LEDs must flash red).

Test the data transmission by using a terminal (AMR-Control, WIN-Control, WINDOWS Terminal):

Select output channel interface U by using the command 'A1',
 Address the device with its device number 'Gxy' (s. man. 6.2.1),
 if the computer is in XOFF state, enter <Strg Q> for XON,
 query the programming through 'P15' (s. man. 6.2.3),
 Only check the sending line by cycle input via command 'Z123456'
 and control in the display
 Test the receiving line with the key **<PRINT>** and by monitor control.

Error: Data transmission within the network does not function.

Remedy: Check that all devices are set to different addresses, address all devices individually via terminal and command 'Gxy'.
 Addressed device is OK when the feedback is at least 'y CR LF'.
 If data transmission is still not possible, disconnect networked devices, check all devices separately using the data cable of the computer (see above),
 check the wiring regarding short circuit or twisting.
 Are all network distributors supplied with power?
 Network and check the devices successively again (see above).

If the device is, after the above inspections, still not performing as specified in the operating instructions, it must be sent to the factory in Holzkirchen, Germany, including a short report and, possibly, control printouts. Additionally, the software AMR-Control allows to print the monitor pages including the programming and also to save an extensive 'function test' in the device list or the terminal operation and to print it out.

12. ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

The data logger ALMEMO 2890-9 meets the essential electromagnetic compatibility safety requirements issued in the relevant CE directive 89/336/EWG.

The following standards have been applied for the evaluation of the product:

IEC 61326:1997+A1:1998+A2:2000	
IEC 61000-6-1:1997	IEC 61000-4-2: 1995+A1:1998+A2:2000 8kV
IEC 61000-6-3:1996	IEC 61000-4-4: 1995+A1:2000 2kV
	IEC 61000-4-3: 1995+A1:1998+A2:2000 3V/m

The following notes must be observed when operating the instrument:

1. If the standard sensor cables (1.5m) are extended it must be considered that the measuring lines are not guided together with power mains and that they are appropriately shielded to protect against any coupling of disturbance signals.
2. If the instrument is operated within strong electromagnetic fields an additional measuring error must be expected (<50µV at 3V/m and 1.5m thermocouple transducers). After the irradiation the device operates again within the specified technical data.

13. APPENDIX

13.1 Technical Data

(see manual 2.3)

Measuring inputs:

Meas. channels:

9 ALMEMO® sockets for ALMEMO® flat connectors
9 primary channels el. isol., max. 31 add. channels
for double sensors and function channels

AD-converter:

Delta-sigma >16bit, 2.5, 10, 50 M/s, amplific. 1..100

Sensor voltage supply:

9V 0.15A, 12V 0.1A (mains adapter: 12V)

Outputs:

2 ALMEMO® sockets for all output modules

Equipment:

Display:

graphics 128x128 dots, 16 lines à 4mm

Operation:

nine keys (four soft-keys) and thumb-wheel

Memory:

512kB EEPROM (approx. up to 100000 Meas.values)

Time and Date:

real time clock buffered with Lithium battery

Microprocessor:

M16C62P

Power supply:

ext. 9...13V DC

Rechargeable battery pack

6 NiMH cells, AA, 1.6 Ah, 5A fuse

Mains adapter

ZB 2590-NA 230 VAC to 12 VDC, 0.8 A

Adapter cable, electr. isolated

ZB 2590-UK 10-30 VDC to 12 VDC, 1 A

Current consumption

without active mode: approx. 37 mA

Input and output modules

with lighting approx. 50-100 mA

sleep mode: approx. 0.05 mA

Housing:

L204 x B109 x H44 mm, ABS, weight: 550g

Operation conditions:

Operating temperature:

-10 ... +50 °C (storage temperature: -20 ... +60 °C)

Humidity of ambient air:

10 ... 90 % rH (non-condensing)

13.2 Product overview

Data logger ALMEMO 2890-9

9 inputs, max. 40 channels, 2 outputs, cascable interface,

9 keys, LCD graphics display, real time clock, 512kB EEPROM memory

Order No.

MA 2890-9

Options

Measuring ranges for temperature display of 8 refrigerants

SB 0000-R

Linearization or multi-point calibration of sensors, calibration data management,

and graduated locking of device functions

OA 2690-KL

Accessories

Memory connector including multimedia card, minimum 32 MB (RS)

ZA1904-MMC

Spare rechargeable battery pack, NiMH, 7.2 volts, 1600 mAh

ZB 2590-AP

Mains adapter with ALMEMO connector, 12 volts, 0.8 A

ZB 2590-NA

DC Adapter cable 10 to 30V DC, 12V/0.25A electr. isolated

ZA 2590-UK

ALMEMO® Recording cable -1,25 to 2,00 V

ZA 1601-RK

ALMEMO® Data cable V24 Interface, electr. isolated, max. 115.2kB

ZA 1909-DK5

ALMEMO® Network cable, electr. isolated, max. 115.2kB

ZA 1999-NK5

ALMEMO® data cable, with Ethernet interface, electr. isol. max. 115.2 KB

ZA 1945-DK

ALMEMO® I/O cable for triggering and limit value alarm

ZA 1000-EGK

13.3 Keyword index

accumulator capacity	10.7	70
Action max and Action min	10.4.3	62
Additional Channels	7.2	16
Alarm cable	10.6.2	68
Alarm Relay Cable	10.4.3	62
Analog Output	10.6.3	69
Analog Output Start and End	10.4.4	63
Analogue channel	10.6.3	69
Assistant-Menus	9.6	18, 40
Atmospheric Pressure	10.5.6	66
Atmospheric Pressure Compensation	9.2.6	26
Averaging	9.4	31
Averaging Mode	10.3.3	32, 54
Averaging over Manual Single Measurements	9.4.3	32
Averaging over several Measuring Points	9.4.8	36
Averaging over the Cycle	9.4.7	35
Averaging over the Measuring Time	9.4.5	34
Bar chart	9.5.1	38
Base	10.3.6	55
Baud Rate	10.5.3	66
Changing the Dimension	10.3.8	56
Charge mode	10.7	70
CJ-Temperature	10.5.8	67
Clear memory	10.2.6	52
Cold Junction Compensation	9.2.7	27
Cold junction temperature	10.5.8	67
Comment	10.3.2	54
Compensation	9.2	23
Configuration	10.5.8	67
Configuration of the menus	9.7.2	42
Connection of the Transducers	7	16
Continuous Measuring Point Scan	10.1.3	46
Contrast	10.5.5	66
Control Symbols	8.3	19
Conversion Rate	10.1.3	46
Correction of the Meas. Value	9.2	23
Correction Values	10.3.7	56
Current output	10.6.3	69
Cycles	10.1	45
Cyclic Output	9.3.2	28
Damping of Meas. values	9.4.1	32
Data Acquisition	10.2.2	49
Data buffering	6.6	15

Data cable	10.6.1	68
Data Entry	8.5	20
Data Format	10.5.3	66
Data Memory for measured values	10.2	48
Decimal Point Setting	10.3.6	55
Device Address	10.5.2	65
Device Configuration	10.5	65
Device Designation	10.5.1	65
Differential Measurement	9.5.2	38
Display	8	18
Display of Several Measuring Points	9.5	38
Electromagnetic Compatibility	12	73
Element Flags	10.4.8	64
Equipment	13.1	74
Exponent	10.3.6	55
Extent of the Delivery	3.2	7
External DC Voltage Supply	6.3	14
Factor	10.3.6	55
Function Channels	10.3.10	59
Function Keys	8.2	19
Function Printouts	9.7.3	43
Function Range of the ALMEMO 2890-8	4.1	8
Function Selection	8.4	20
Guarantee	3.1	6
Housing	13.1	74
Hysteresis	10.5.7	55, 67
Initial Operation	5	13
Introduction	4	8
Isolation	7.3	17
Keypad	8	18
Language	10.5.4	66
Level of damping	9.4.1	32
Lighting	10.5.5	18, 66
Limit Value Responses	10.4.3	62
Limit Values	10.3.5	55
Line Diagram	9.3.5	30
Locking the Programming of the Sensor	10.3.4	54
Mains Operation	6.2	14
Max Time	9.1.2	22
Maximum current	10.7	70
Meas. points list	9	21
Measurement	4.1.2	10
Measurement Time	9.4.6	34
Measuring	9	21
Measuring inputs	13.1	16, 74

Measuring Point Designation	10.3.2	54
Measuring point scans	9.3	28
Measuring with one Measuring Point	9.1	22
Measuring-Menus	9	18, 21
Memory Output	10.2.6	29, 51
Memory space	9.3.3	29
Menu List of Measuring Points	9.5.3	39
Menu Power Supply	10.7	70
Menu Selection	8.1	18
Min Time	9.1.2	22
Minimum Sensor Supply Voltage	10.4.2	61
Multi Channel Display	9.5.1	38
Multiplexer	10.4.7	64
Net Measurement	9.4.4	33
Networking	10.5.2	65
Numbering of measurements	10.2.3	50
Operating Controls	1	2
Operating Parameter	10.5.8	67
Operation conditions	13.1	74
Order No.	13.2	74
output cables	10.6.2	68
Output Format	10.1.2	29, 45
Output Function	10.4.5	63
Output Modules	10.6	67
Output of Menu Functions	9.3.4	29
Peak Value Memory	9.1.2	22
Power supply	13.1	14, 74
Print Cycle Factor	10.4.1	61
Process flow control	4.1.3	11
Product overview	13.2	74
Programmed Analog Value Output	10.6.3	70
Programming-Menus	10	18, 45
Reference Channel 1	10.4.6	64
Reference Channel 2	10.4.7	64
Reinitialisation	6.5	15
Relais Trigger Cable	10.6.2	68
Relay Adapter	10.4.3	62
Relay Allocation	10.4.3	62
Scaling	10.3.6	55
Scaling of the analog output	10.6.3	69
Selecting the Input Channel	10.3.1	53
Selecting the Measuring Point	9.1.1	22
Selecting the Measuring Range	10.3.9	56
Sensor Adjustment	9.2.3	24
Sensor Programming	10.3	9, 53

Sensor Supply	6.4	15
Sensor Voltage	10.7	70
Setpoint Entry	9.2.4	25
Setting the Meas. Value to Zero	9.2.1	23
Single Output	9.3.1	28
Sleepmodus	10.2.5	50
Sliding averag. window	9.4.1	32
Slope correction	10.3.7	56
Special Functions	10.4	61
Special Meas. Operations	9.6	40
Standard display	9.1	22
Starting and Stopping of measurements	10.2.4	50
Storage Activation	10.1.2	45
Switch On/Off	6.5	15
Technical Data	13.1	74
Temperature Compensation	9.2.5	26
Thermal Coefficient	9.6.1	40
Time and Date	10.1.1	45
Time and Date of Maximum Value	9.1.2	22
Transducers	7.1	16
Trigger Cable	10.6.2	68
Troubleshooting	11	72
Two-point Adjustment	9.2.4	25
U-Sensor Min	10.4.2	61
User Menus	9.7	41
Volume Flow Measurement	9.4.9	37
Wet Bulb Globe Temperature	9.6.2	40
Zero Point Adjustment	9.2.2	24
Zero point correction	10.3.7	56

