

# APLICACIÓN DEL INDICADOR DE TEMPERATURA DE GLOBO BULBO HÚMEDO EN LOS AMBIENTES LABORALES

### Resumen / Abstract

Se analizan los resultados de varias investigaciones que fueron diseñadas para conocer la sobrecarga y la tensión térmica a través del indicador de globo bulbo húmedo (TGBH) y de las variables temperatura oral tasa de sudación horaria y temperatura de la piel en doscientos setenta (270) trabajadores. El grupo estudiado estuvo constituido por trabajadores de los ministerios de la Construcción, del Turismo, de la Industria Azucarera, de la Industria Ligera, de la Industria Básica, del Transporte y de Salud Pública. Todos los resultados evidencian la aplicabilidad de la Norma ISO 7243 en la normalización de los ambientes térmicos laborales.

*This article give information about the results of several researches that were designed to know the heat stress and heat strain using the oral temperature, sweat rate and skin temperature in two hundred seventy ( 270 ) workpeople through wet bulb globe temperature index ( WBGT). The group was constituted with peoples of the Ministries of the Construction, of Tourism, of Lightweight Industry's Sugar, of The Basic industry, of Transportation and of Public Health. Considering these results becomes evident the application of the WBGT INDEX (ISO 7243) in the Cubans occupational environments*

### Palabras clave / Key words

Sobrecarga térmica, tensión térmica

*Heat stress, heat strain*

**Consuelo Padilla Méndez**, Ingeniera Industrial, Investigadora Auxiliar Asistente, Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba  
e-mail: conal@ind.cujae.edu.cu

**Juan Marsán Castellanos**, Ingeniero Industrial, Doctor en Ciencias Económicas, Profesor Titular, Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba  
e-mail: jmarsan@ind.cujae.edu.cu

Recibido: Enero del 2005

Aprobado: Marzo del 2005

## INTRODUCCIÓN

En Cuba se ha utilizado durante varios años la Norma Cubana *Aire de la Zona de Trabajo*,<sup>1</sup> basada en parámetros independientes entre los que se encuentran la temperatura del aire ( $t_s$ ), la humedad relativa del aire (HR), la velocidad del aire ( $V_a$ ) y la temperatura de globo ( $t_g$ ), por lo que su interpretación se ha visto limitada, al controlar estos parámetros independientemente. Esta norma incluye tres condiciones microclimáticas, las que se denominan condiciones de confort, condiciones permisibles y condiciones críticas. Resulta necesario destacar que para la clasificación de las condiciones óptimas se consideró la evaluación de varios indicadores entre ellos la temperatura de la piel partiendo de esas condiciones se propuso la ecuación de Fanger, para determinar los valores deseables del microclima. Las restantes condiciones (permisibles y críticas) fueron clasificadas según criterios de la literatura internacional y las respuestas subjetivas de los individuos no estando sustentadas por mediciones de respuestas fisiológicas.

Estas razones encaminaron a los estudios de sobrecarga térmica hacia la búsqueda de un indicador aplicable en Cuba,<sup>2</sup> seleccionándose el **Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo** (TGBH) por su sencillez y considerando que ha sido reconocido y recomendado por la International Organization for Standardization (ISO 7243).<sup>3</sup>

## DESARROLLO

Con el propósito de comprobar la aplicabilidad del Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo se seleccionaron 270 trabajadores de un universo constituido por 1573 trabajadores que desempeñaban sus actividades laborales en la construcción, hoteles, Industria Azucarera, Industria del Vidrio, Industria Textil, Cocinas de un complejo hospitalario, Ministerio del Transporte y en la Industria de Papel y Cartón. (Ver tabla 1.)

Los trabajadores seleccionados debían tener más de un año de experiencia en el puesto objeto de estudio.

Se aplicó un cuestionario de salud a cada trabajador quedando excluidos aquellos que padecieran de patologías cardiovasculares, respiratorias, endocrinas, entre otras.<sup>2</sup>

Se valoró la sobrecarga térmica a través del **Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo** y de las variables temperatura húmeda natural (*thn*), de la temperatura seca natural (*tsn*) y de la temperatura de globo (*tg*) expresadas en grados Celsius (°C) y aplicándose la metodología que plantea la norma ISO 7243 .

La cantidad de días empleados correspondieron a dos (2) días por trabajador haciendo un total de 486 días y de 4416 mediciones de TGBH. (Ver tabla 2.)

TABLA 1 Número de trabajadores seleccionados y total de trabajadores expuestos a similares condiciones		
Organismo	No. de trabajadores expuestos	No. de trabajadores seleccionados
MICONS (Contingentes)	300	79
INTUR (hoteles)	300	62
MINAZ (refinería de azúcar)	227	24
MINBAS (fábrica de vidrio)	47	10
MINIL (hilandería)	300	28
MINSAP (cocinas de un complejo hospitalario)	40	6
MITRANS (taller de inspección de vehículos)	30	11
MINIL (fábrica de envases de cartón y cartulina)	329	20
Totales	1 573	240

**TABLA 2**  
Cantidad de trabajadores, días empleados y número de mediciones del Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo

Organismo	Total de trabajadores	Días empleados	No. de mediciones de TGBH
MICONS (contingentes)	79	158	1 580
INTUR (hoteles)	62	124	1 240
MINAZ (refinería de azúcar)	24	48	480
MINBAS (fábrica de vidrio)	10	26	210
MINIL (hilandería)	28	56	392
MINSAP (cocinas de un complejo hospitalario)	6	12	120
MITRANS (taller de inspección de vehículos)	11	22	154
MINIL (fábrica de envases de cartón y cartulina)	20	40	240
Totales	240	486	4 416

Conjuntamente se estudió el comportamiento de la frecuencia cardíaca (*FC*), de la temperatura oral (*TO*), de la tasa de sudación horaria (*TSH*), de la temperatura de la piel (*Tp*) y del gasto energético correspondiente a la actividad (*GE*). La cantidad de observaciones se reflejan en la tabla 3.

La frecuencia cardíaca se midió en actividad y reposo utilizando el método palpatorio de la arteria radial. Los criterios de medición se realizaron a través de las recomendaciones propuestas por el National Institute for Occupational Safety and Health y por la Internacional Organization for Standardization (NIOSH e ISO respectivamente).<sup>4,5</sup>

La temperatura oral se midió utilizando un termómetro clínico en posición sublingual y lateral durante 5 min. La tasa de sudación horaria se controló por el método de pesada tradicional contro-

lando las ingestas y excretas (en un período de 2 o 3 h en dependencia de las características de la ejecución de las actividades) ambas variables fueron medidas a través de las recomendaciones de la Internacional Organization for Standardization.<sup>6</sup>

**TABLA 3**  
Número de mediciones de las variables GE, FC, TO, TSH y TP

Organismo	GE	FC	TO	TSH	TP
MICONS	474	948	948	158	53
TURISMO	372	1 200	1 200	30	
MINAZ	144	470	470	16	
MINBAS	90	300	300	30	
MINIL (textil)	168	387	387	56	168
MINSAP	36	120	120	12	36
MITRANS	66	66	66	6	
MINIL (envases)	120	390	390	50	120
Totales	1 470	3 881	3 881	358	377

El gasto energético se obtuvo a través de tablas y del volumen minuto respiratorio (VMR) mediante un saco de Douglas, un gasómetro y tablas de corrección a temperatura y presión normal (TPN).<sup>6</sup>

Los valores promedio obtenidos de TGBH fueron comparados con los límites recomendados por la norma ISO 7243.

Los valores de frecuencia cardiaca, de la temperatura oral, de la tasa de sudación horaria y de la temperatura de la piel fueron comparados con los límites recomendados en la norma ISO 9886.<sup>5</sup>

Cada actividad, el gasto energético, el valor del TGBH y los valores de frecuencia cardiaca, temperatura oral, tasa de sudación horaria y la temperatura de la piel se reflejan en las tablas (4-11). Las actividades que no cumplen los valores ISO permisibles recomendados se han marcado con asterisco (\*).

Para la evaluación subjetiva del ambiente térmico se aplicó la escala de sensaciones térmicas que aparece en la norma ISO 7730.<sup>7</sup>

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se observa claramente en las tablas (4 - 11) que los puestos de trabajo que laboran dentro de los límites recomendados por la norma ISO 7243 no presentan altos valores de temperatura oral ni de las restantes variables fisiológicas.

Los valores permisibles de este indicador garantizan una temperatura interna de 38,0 °C; analizando el puesto de cocinero y panadero en hoteles (tabla 2), operador de clarificador y dosificador (tabla 3) que no cumplen con los requisitos, se observa que presentan valores más elevados de la temperatura oral, implicando 38,2 °C, 38,0 °C, 38,1 °C y 38,0 °C de temperatura interna respectivamente, al añadir 0,4 °C a todos los valores de temperatura oral (2,8).

Los puestos de lavadero y planchador (tabla 5), soplador y secador (tabla 7) a pesar de no cumplir los requisitos para condiciones permisibles no presentan altos valores de temperatura oral. Este resultado está relacionado con las pausas de trabajo reglamentadas por la administración y reguladas por los propios trabajadores cuando comenzaban a sentir los síntomas del calor.

En general, se observó que los mayores valores registrados de frecuencia cardiaca corresponden con altos valores de gasto energético. Esto es debido a la gran correlación que existe entre estas dos variables.

Se observó que la tasa de sudación horaria estuvo muy alejada de los valores de un litro de sudor por hora, valor que recomienda la organización Mundial de la Salud, los valores de la temperatura de la piel tampoco reflejaron valores críticos, todos por debajo de 35,0 °C) y la frecuencia cardiaca se mantuvo por debajo de 110 pulsaciones por minuto valor que recomienda la Organización Mundial de la Salud<sup>9-11</sup> por lo que puede afirmarse que los trabajadores que laboran con los límites recomendados no presentan tensión térmica preocupante o alarmante.

**TABLA 4**  
Ministerio de la Construcción

Puesto de trabajo	N	GE W/m <sup>2</sup>	TGBH °C	FC Puls/min	TO °C	TSH gr/h
Operador de vagón	6	132,7	25,4	107,2	36,8	337,0
Operador de mezcla	5	95,5	28,5	100,3	36,9	250,0
Albañil (repellar pared)	15	99,4	25,9	88,4	36,9	243,7
Albañil (poner bloques)	18	93,3	28,5	88,0	36,7	266,0
Cavar con pico (*)	9	167,7	26,4	119,0	37,5	300,0
Cavar con pala (*)	8	144,3	26,4	108,0	37,1	263,5
Poner losas de piso	9	113,1	27,1	96,0	37,1	212,0
Estibador	9	120,5	25,9	108,0	37,2	220,0

**N:** No. de trabajadores

**GE:** Gasto energético

**TGBH:** Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo

**FC:** Frecuencia cardiaca

**TO:** Temperatura oral

**TSH:** Tasa de sudación horaria

**(\*):** No cumplen los valores permisibles de TGBH

<b>TABLA 5</b> <b>Hoteles de Ciudad de La Habana</b>						
Puesto de trabajo	N	GE W/m <sup>2</sup>	TGBH ° C	FC Puls/min	TO ° C	TSH gr/h
Almacenero	4	68,2	29,3	90,0	37,2	169
Lavadero(*)	15	107,2	31,9	94,0	37,2	150
Operario de mangle	6	87,7	29,7	96,0	37,2	244
Planchador(*)	6	68,2	30,3	100,0	37,2	190
Operario de taller	5	120,9	29,1	94,0	37,2	110
Operario de calderas	3	87,7	28,3	94,0	37,1	123
Cocinero(*)	10	135,0	32,0	98,0	37,8	120
Fregador	10	97,5	29,8	92,0	37,3	100
Panadero(*)	3	144,3	31,0	97,0	37,6	199

**N: No. de trabajadores**

**GE: Gasto energético**

**TGBH: Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo**

**FC: Frecuencia cardiaca**

**TO: Temperatura oral**

**TSH: Tasa de sudación horaria**

**(\*): No cumplen los valores permisibles de TGBH**

Se observó predominio de las lesiones cutáneas por quemaduras en los trabajadores de la centrífuga en manos, antebrazos y piernas seguido de otras manifestaciones como la erupción cutánea, esto en los puestos de trabajo operador de disolutor y operador de clarificador.

En el puesto de trabajo cocinero del complejo hospitalario (tabla 9) no se observa tensión térmica importante a pesar de no cumplir los valores límites TGBH debido a que la temperatura de contacto de las cocinas es muy elevada (entre 92,0 y 126,0 °C) lo que implica que los cocineros no se exponen más de 7 min. ya que a partir de ese tiempo comienzan a sentir sensación dolorosa en la piel. No obstante, se observaron quemaduras en las manos y antebrazos en el 100 %, y erupciones cutáneas en el cuello y cara en el 66 %.

Las sensaciones térmicas de los trabajadores que no laboran bajo los límites TGBH permisibles oscilan desde neutro hasta calor, con predominio de respuestas de poco calor, calor y mucho calor (figura 1). En la figura 2 se observa predominio de las sensaciones de neutralidad y poco calor de los trabajadores que laboran con los límites TGBH permisibles, siendo consecuentes las respuestas con las condiciones microclimáticas.

<b>TABLA 6</b> <b>Industria Azucarera (refinería de azúcar)</b>						
Puesto de trabajo	N	GE W/m <sup>2</sup>	TGBH ° C	FC Puls/min	TO ° C	TSH gr/h
Operador de mangle	4	97,0	28,8	72,0	37,3	250
Operador de dosificador(*)	4	174,0	30,7	100,6	37,6	300
Operador de disolutor	4	97,0	29,0	85,6	37,2	268
Operador de centrífuga	4	100,0	29,6	80,0	37,2	250
Operador de filtro	4	100,0	29,5	80,8	37,3	300
Operador de clarificador(*)	4	174,0	30,9	100,0	37,7	290

**N: No. de trabajadores**

**GE: Gasto energético**

**TGBH: Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo**

**FC: Frecuencia cardiaca**

**TO: Temperatura oral**

**TSH: Tasa de sudación horaria**

**(\*): No cumplen los valores permisibles de TGBH**

<b>TABLA 7</b> <b>Industria Básica (fábrica de vidrio)</b>						
Puesto de trabajo	N	GE W/m <sup>2</sup>	TGBH ° C	FC Puls/in	TO ° C	TSH gr/h
Moldeador	3	130,0	30,0	97,0	37,1	236,0
Soplador (*)	3	130,0	32,2	85,0	37,0	333,0
Cortador	1	130,0	29,7	79,0	36,9	186,0
Secador (*)	3	130,0	32,9	88,0	36,8	230,0

**N: No. de trabajadores**

**GE: Gasto energético**

**TGBH: Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo**

**FC: Frecuencia cardiaca**

**TO: Temperatura oral**

**TSH: Tasa de sudación horaria**

**(\*): No cumplen los valores permisibles de TGBH**

Estos resultados evidencian que los valores recomendados por la ISO 7243 son factibles de aplicar en Cuba, no obstante lo anterior, resulta necesario aplicar medidas de control para dar solución a este riesgo presente en las industrias cubanas, proporcionando un ambiente higiénico y seguro para el hombre que labora, situación que redundaría por ejemplo en una mayor estabilidad laboral y un aumento de la productividad.

**TABLA 8**  
**Industria Ligera (hilandería)**

Puesto de trabajo	N	GE W/m <sup>2</sup>	TGBH ° C	FC Puls/min	TO ° C	Tp ° C	TSH gr/h
Hilador mujer	15	82,7	25,4	96,9	37,2	34,4	100
Hilador hombre	13	89,5	25,5	84,3	37,2	34,2	12,5

N: No. de trabajadores  
 GE: Gasto energético  
 TGBH: Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo  
 FC: Frecuencia cardíaca  
 TO: Temperatura oral  
 Tp: Temperatura de la piel  
 TSH: Tasa de sudación horaria

**TABLA 9**  
**Ministerio de Salud Pública (cocina de un complejo hospitalario)**

Puesto de trabajo	N	GE W/m <sup>2</sup>	TGBH ° C	FC Puls/min	TO ° C	Tp ° C	TSH-gr/h
Cocinero (*)	6	135,0	34,9	91,0	37,4	250,0	34,9

N: No. de trabajadores  
 GE: Gasto energético  
 TGBH: Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo  
 FC: Frecuencia cardíaca  
 TO: Temperatura oral  
 TSH: Tasa de sudación horaria  
 Tp: Temperatura de la piel  
 (\*): No cumplen los valores permisibles de TGBH

**TABLA 10**  
**Ministerio de Transporte (taller de inspección de vehículos ligeros y pesados)**

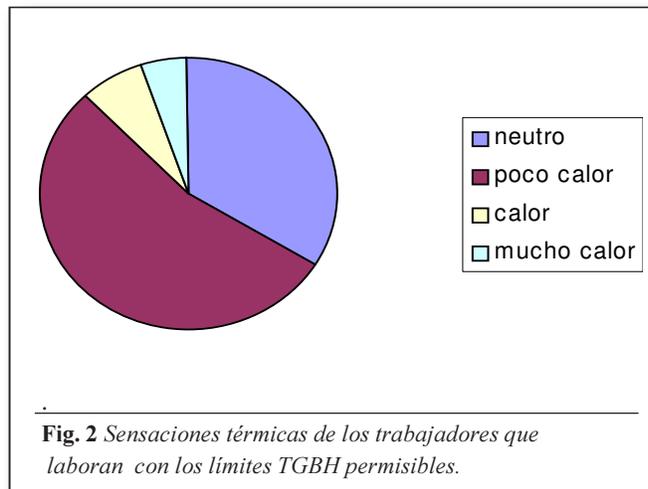
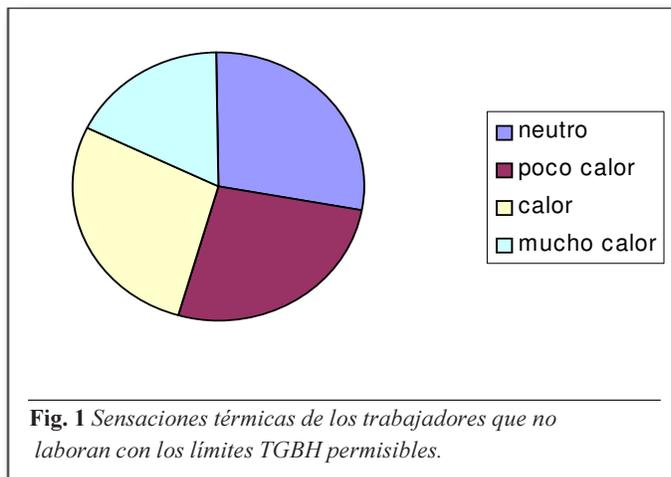
Actividad	N	GE W/m <sup>2</sup>	TGBH ° C	FC Puls/min	To ° C	TSH gr/hr
Inspector de vehículos	11	106,0	27,4	73,0	36,8	150

N: No. de trabajadores  
 GE: Gasto energético  
 TGBH: Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo  
 FC: Frecuencia cardíaca  
 TO: Temperatura oral  
 TSH: Tasa de sudación horaria

**TABLA 11**  
**Industria Ligera (fábrica de envases de cartón y cartulina)**

Actividad	N	GE W/m <sup>2</sup>	TGBH ° C	FC Puls/min	To ° C	Tp ° C	TSH gr/h
Envase	3	124,8	28,4	84,0	37,2	32,7	100
Rebatido	9	119,0	28,4	80,0	37,1	32,9	150
Rebordeado	6	119,0	28,4	80,0	37,2	32,9	100
Corte	2	139,2	28,4	90,0	37,3	33,1	110

N: No. de trabajadores  
 GE: Gasto energético  
 TGBH: Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo  
 FC: Frecuencia cardíaca  
 TO: Temperatura oral  
 TSH: Tasa de sudación horaria  
 Tp: Temperatura de la piel



## CONCLUSIONES

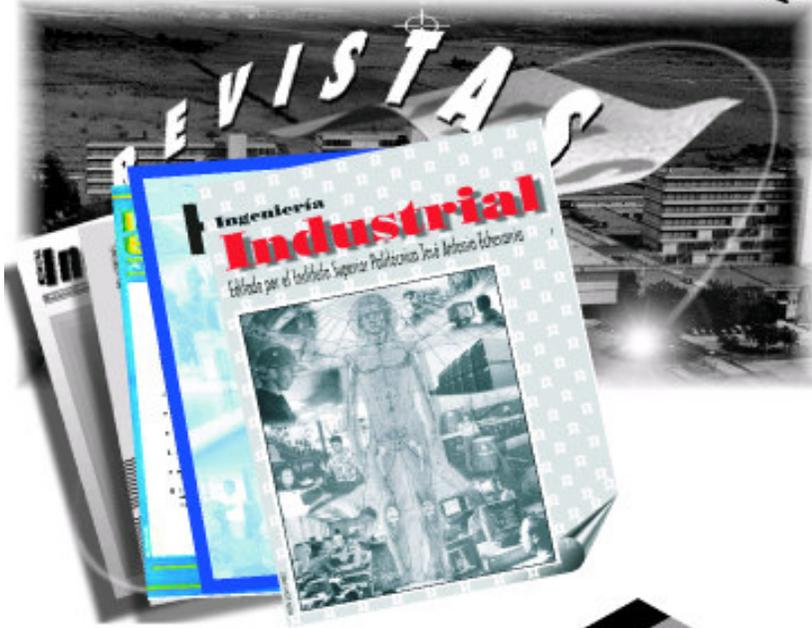
- A pesar de las altas temperaturas propias del clima cubano, los valores microclimáticos presentes en la mayoría de los puestos de trabajo estudiados se corresponden con los valores límites recomendados por la Norma ISO 7243.
- En los puestos de trabajo que no cumplieron los valores límites recomendados y se observó un incremento en la temperatura oral así como un mayor porcentaje de respuestas de inconformidad térmica.
- No se observó tensión térmica importante en los puestos de trabajo que cumplieron los valores TGBH recomendados y las respuestas de sensaciones térmicas fueron consecuentes con las condiciones microclimáticas.
- Todas estas razones evidencian la aplicación del Indicador de temperatura de globo bulbo húmedo en los ambientes laborales cubanos. ☒

## REFERENCIAS

1. *Sistema de Normas de Protección e Higiene del Trabajo. Aire de la Zona de Trabajo. Requisitos higiénicos sanitarios generales.* NC 19-01-03, Comité Estatal de Normalización. Ciudad de La Habana, Cuba, 1980.
2. **PADILLA, M. C.:** "Aplicabilidad de la Norma ISO 7243 en la normalización de ambientes térmicos", Informe de tesis, para optar por el título de Máster en Salud Ocupacional, Ciudad de La Habana. 2000.
3. *ISO 7243: Hot Environments. Estimation of the Heat Stress on Working Man, Based on WBGT-Index (WBGT)*, International Organization Standardization, 1992.
4. *Criteria for a Recommended Standard. Occupational Exposure to hot Environments. Revised Criteria*, National Institute for Occupational Safety and Health, 1986.
5. *Evaluation the L'astreinte Thermique par Mesures Physiologiques*, International Organization for Standardization ISO 9886, 1992.
6. **CROCFORD, B. W.:** *The Thermal Environments*. Schilling, RSF. Occupational Health Practice. Butterwords and Co. Publishers, LTD. 1995.
7. *Moderate Thermal Environments- Determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the Conditions for Thermal Confort*, International Organization for Standardization ISO 7730, 1992.
8. **PADILLA, M. C.:** "Repercusión de la sobrecarga térmica en trabajadores cubanos", *Revista Cubana Salud y Trabajo*, Vol 1, N 2-3, pp 27-33, 2000.
9. **MONDELO, P. R. et al.:** *Ergonomía 2. Confort y estrés térmico*, pp.13-36, Ediciones UPC, 1995.
10. **MONDELO, P. R. et al.:** *Ergonomía 1. Fundamentos*, pp. 79-106. Ediciones UPC, 2000.
11. **MINARD, M.D.:** *Physiology of Heat Stress. The Industrial Environments. Its Evaluation and Control*, NIOSH, USA, 1974.

C I E N C I A Y

T É C N I C A



Instituto Superior Politécnico  
José Antonio Echeverría  
**cujae**