

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO EN EL USO DE BALASTOS
ELECTRONICOS EN LA ILUMINACIÓN INDUSTRIAL**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

DONALD AMERICO PRUDENCIO PEÑA

PROMOCIÓN

1995 – I

LIMA – PERÚ

2006

**ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO EN EL USO DE BALASTOS
ELECTRONICOS EN LA ILUMINACIÓN INDUSTRIAL**

*Este informe es dedicado a:
Mis padres por su constante apoyo y
sacrificio.*

SUMARIO

El presente informe analiza la relevante cuestión de la elección de los balastos electrónicos para fluorescentes en la Iluminación Industrial.

La experiencia demuestra que una buena Iluminación en la fábrica y talleres es una manera muy eficaz de incrementar tanto la productividad como la calidad.

Se realiza una reseña histórica de los componentes de encendido tradicionales para fluorescentes, un comparativo con la tecnología electrónica y sus ventajas técnico-económicas que conllevan al uso de los balastos electrónicos.

Asimismo, se hace un diseño simulado de iluminación de un determinado ambiente Industrial con el fin de analizar los resultados económicos en función de los resultados luminotécnicos.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

EL EQUIPO DE ENCENDIDO

1.1 El balasto convencional	3
1.2 Tipos de balastos	3
1.2.1 El balasto Resistor	3
1.2.2 El balasto Capacitor	4
1.2.3 El balasto Inductivo	4
1.3 Máxima temperatura del arrollamiento	5
1.4 Incremento de la temperatura ΔT	6
1.5 Arrancadores o Ignitores	7
1.5.1 Lámparas fluorescentes	7
1.5.2 Lámparas de halogenuros metálicos y sodio de baja presión	8
1.5.3 Lámparas de sodio de alta presión	9
1.6 Corrección del factor de potencia	9

CAPÍTULO II

EL BALASTO ELECTRONICO

2.1 El balasto electrónico	11
2.2 Principio de funcionamiento	11
2.3 Elección de la frecuencia	13
2.4 Ignición y re-ignición	14
2.5 Distorsión armónica	14
2.6 Interferencias Electromagnéticas	15
2.7 Efectos por las fluctuaciones de la red	15
2.8 Corriente Inrush	17
2.9 Ventajas de los balastos electrónicos	17
2.9.1 Pequeñez Simpleza	18
2.9.2 Confort	18
2.9.3 Economía	18
2.9.4 Flexibilidad	18

2.9.5 Seguridad	19
CAPÍTULO III	
PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION	
3.1 Estudio de caso típico de iluminación industrial	20
3.2 Criterios básicos de iluminación industrial	20
3.2.1 Elección de la fuente de luz	20
3.2.2 Nivel y Uniformidad	21
3.2.3 Control del deslumbramiento	22
3.2.4 Temperatura de color y rendimiento de color	22
3.2.5 Efecto estroboscópico	22
3.3 Uso del software Calculux	23
3.4 Resultados de Cálculo	23
CAPÍTULO IV	
ANALISIS DE RESULTADOS	
4.1 El rol del análisis económico en la iluminación	26
4.2 El costo de la luz	26
4.3 Retorno simple del dinero (Payback)	27
4.4 Análisis económico de los resultados	28
4.4.1 Análisis económico para el Caso I	28
4.4.2 Análisis económico para el Caso I	29
4.4.3 Análisis económico para el Caso I II	30
CONCLUSIONES	36
ANEXOS	37
BIBLIOGRAFÍA	101

PRÓLOGO

Se pueden lograr ahorros significativos en consumo de energía y, por ende, en coste para instalaciones de alumbrado y sin reducir prestaciones si se plantea la instalación bajo un Diseño Energéticamente Eficaz. Muchas de las instalaciones de alumbrado existentes están muy lejos de ser eficaces en los aspectos energéticos y de coste. Consecuentemente, hay oportunidades para convertir tales instalaciones y utilizar equipos más eficientes, manteniendo (y mejorando en ocasiones) el alumbrado con un menor consumo de energía y un menor coste.

Claramente, el objetivo es prever alumbrado, dentro de unas normas de calidad y cantidad, con el mínimo consumo de energía. Para complementar este requisito fundamental es imprescindible evaluar los equipos, la tecnología y los servicios disponibles, igual para instalaciones existentes o en vías de ejecución.

El presente informe pretende introducirnos en la comprensión del funcionamiento de los equipos auxiliares de encendido para fluorescentes y sobre todo conocer las ventajas técnico-económico del balasto electrónico. Sin embargo, es preciso emplazar una base teórica sobre los balastos convencionales y electrónicos que mejoras se tienen en la actualidad.

En el capítulo I describimos a los equipos de encendido convencionales y su tipo. Toda lámpara de descarga necesita una impedancia en serie que limite la corriente eléctrica que la atraviese. Si no se utiliza tal dispositivo no habría nada que evitara el aumento gradual de corriente hasta un valor que destruyera la lámpara. Tal impedancia, llamada normalmente balasto, forma parte del elemento auxiliar necesario para el funcionamiento de la lámpara.

Otro grupo de requisitos viene impuesto por el deseo del fabricante de luminarias y por el usuario de tener balasto de pequeñas dimensiones, pocas pérdidas, larga duración y muy bajo nivel de zumbido.

Una forma eficaz de balasto es la reactancia o autoinducción colocada en serie con la lámpara. Por sí mismo, el factor de potencia de este circuito es bajo, por ejemplo, aproximadamente 0.5 retraso. Se puede aumentar hasta un valor de 0.85 o más, de manera simple, conectando un condensador en paralelo con la red de corriente alterna.

El balasto puede ser:

- Un resistor

- Una reactancia o inductor
- Un circuito electrónico.

El balasto resistivo esta fue una forma no económica de limitar la corriente, por que la energía eléctrica es disipada en forma de calor.

El balasto Inductivo reactancia usada de manera generalizada para aplicaciones en corriente alterna. Es usado en combinación con un arrancador o ignitor, quien produce un pulo de alto voltaje necesario para la ignición de la lámpara.

Un balasto inductivo consiste de un número determinado de vueltas de conductor de cobre sobre un núcleo laminado de hierro.

En el capítulo II describimos al balasto electrónico, una propuesta técnica de funcionamiento es rectificar la corriente producida por la fuente principal y convertirla en una señal de onda cuadrada de alta frecuencia de rango 20 kHz a 100 kHz. Para el control de la corriente de lámpara es usado circuitos electrónicos de estabilización o inductancias convencionales, pero más pequeños y eficientes.

En el capítulo III planteamos los casos a analizar y calcular los requerimientos luminotécnicos.

Por último, en el capítulo IV hacemos un análisis económico de los resultados luminotécnicos y justificamos el uso de los balastos electrónicos.

CAPITULO I EL EQUIPO DE ENCENDIDO

1.1 El Balasto Convencional

El término Balasto es generalmente reservado para dispositivos que limitan la corriente, incluyendo a las resistencias, arrollamientos y autotransformadores. Otros términos de equipos auxiliares son los condensadores de compensación, los filtros y arrancadores o ignitores. Algunos sistemas usan un capacitor en serie adicional para la estabilización. Con todos estos componentes todas las funciones de control que son necesarias para la operación de las lámparas fluorescentes estándar pueden ser llevadas a cabo.

1.2 Tipos de Balastos

1.2.1 El Balasto Resistor

La limitación de corriente por una resistencia principal es una forma muy antieconómico de limitar la corriente, porque la energía eléctrica en la resistencia se disipa en forma de calor. Sin embargo, aún en la actualidad los dispositivos electrónicos usan una resistencia serie como estabilización en la operación de lámparas fluorescentes en corriente continua. Por ejemplo para la operación estable en un balasto resistor (Fig.1.1), es necesario que el voltaje principal sea al menos dos veces el voltaje de la lámpara bajo condiciones de operación normal. Esto significa que el balasto disipará 50% de la potencia.

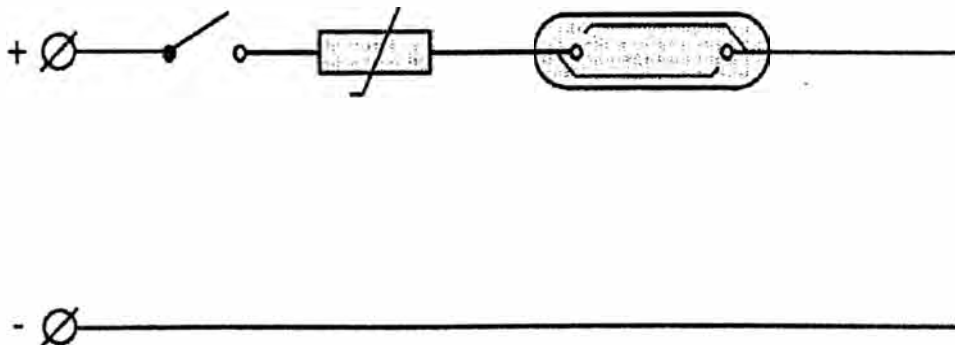


Fig.1.1 Balasto resistor

1.2.2 El Balasto Capacitor

Un capacitor usado como un balasto causa muy pocas pérdidas, pero no puede ser usado por sí sola, ya que podría ocasionar picos muy altos en la forma de onda de la corriente en cada medio ciclo. Sólo en muy altas frecuencias puede un capacitor servir satisfactoriamente como un balasto.

1.2.3 El Balastos Inductivo

Los arrollamientos son frecuentemente usados como dispositivos que limitan la corriente en circuitos de lámparas de descarga (Fig. 1.2). Estos tipos de balastos causan una mayor pérdidas que los de un capacitor, pero produce lejos menos distorsión en la corriente de lámpara a 60 Hz. Aún más, en combinación con un arrancador, ellos pueden ser hechos para producir un pulso alto de voltaje necesario para la ignición de la lámpara de descarga.

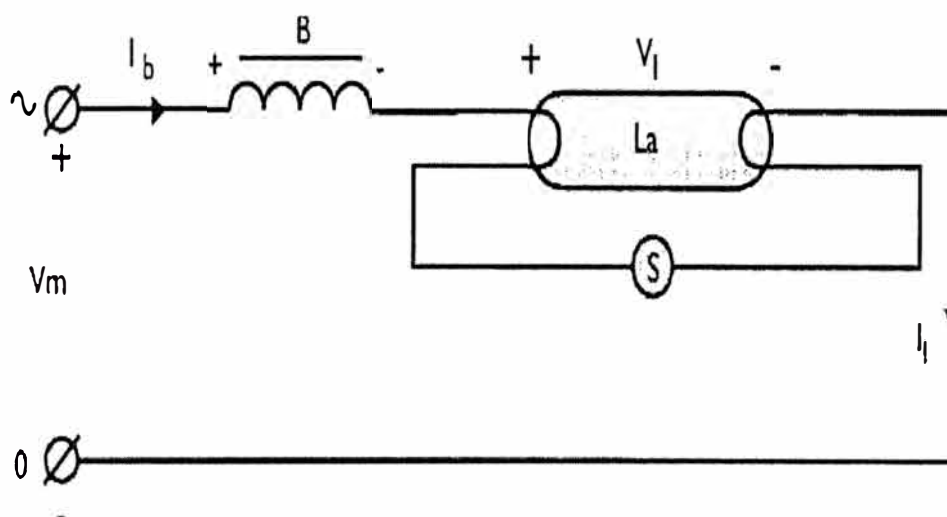


Fig. 1.2 Balasto Inductivo

En la práctica, un balasto inductivo consiste de un número determinado de vueltas de conductor de cobre sobre un núcleo laminado de hierro. La impedancia del balasto debe ser elegida en concordancia con el voltaje principal y frecuencia, el tipo de lámpara y el voltaje de lámpara. Para asegurar que la corriente de lámpara es la adecuada o de valor correcto. En otras palabras, cada tipo de lámpara requiere para cada voltaje su propio balasto con su propia impedancia específica.

Las pérdidas, ocurren a través de la resistencia ohmica del arrollamiento y de histéresis en el núcleo, mucho depende del aspecto constructivo del balasto y del diámetro del cobre.

El balasto correcto para una determinada lámpara y un voltaje principal dado, deberá ser escogido consultando las especificaciones técnicas del balasto a usar.

El valor más importante para la estabilización es la impedancia del balasto. Expresado como la relación voltaje/corriente en ohm (Ω) y es definido para un cierto voltaje, frecuencia principal y corriente de calibración (normalmente la corriente nominal de la lámpara).

El balasto inductivo puede ser usado virtualmente para toda lámpara de descarga con una condición importante: el voltaje principal deberá ser aproximadamente dos veces el voltaje de la lámpara. Si el voltaje principal es demasiado bajo, otro tipo de balasto puede ser usado, o un regulador de voltaje.

Las ventajas de un balasto inductivo son:

Bajas pérdidas en comparación del balasto resistor.

Es un circuito simple: el balasto es conectado en serie con la lámpara.

Las desventajas de un balasto inductivo son:

La corriente en una lámpara con balasto inductivo presenta un desfase con respecto al voltaje principal, la corriente se retrasa con respecto al voltaje, resultando un factor de potencia de aproximadamente 0.5 inductivo.

Una alta corriente de arranque, en un circuito inductivo la corriente de arranque es aproximadamente 1.5 veces la corriente nominal.

Sensibilidad a fluctuaciones del voltaje principal, variaciones en el voltaje principal causan variaciones en la corriente a través de la lámpara.

1.3. – Máxima temperatura de arrollamiento t_w

Un balasto, como muchos componentes eléctricos, genera calor debido a su resistencia ohmica y pérdidas magnéticas. Cada componente tiene una máxima temperatura que no puede ser excedido. Para el balasto, esa temperatura, es la temperatura de arrollamiento durante la operación que es importante. La máxima temperatura permisible en el arrollamiento t_w es indicada sobre el balasto. El material de aislamiento del arrollamiento, en combinación con la laca, material de encapsulamiento, etc., es así elegido para que bajo esa temperatura la vida especificada para el reactor sea alcanzada.

Bajo condiciones estándar, la vida promedio de un reactor es de 10 años en el caso de operación continua a una temperatura del arrollamiento de t_w .

Como regla, la elevación de la temperatura 10 °C por encima del valor t_w acortará a la mitad su vida esperada. Si, por ejemplo, la temperatura de operación es 20 °C sobre el valor t_w , se podría esperar una vida del reactor de 2,5 años de operación continua.

Como el balasto normalmente no funciona continuamente, la vida real del balasto puede ser mucho más largo.

La vida nominal de un balasto con relación a la máxima temperatura de operación permitida t_w en el arrollamiento del balasto depende del material de aislamiento:

- a) Clase A: t_w 105 °C
- b) Clase E: t_w 120 °C
- c) Clase F o H: t_w 130 °C

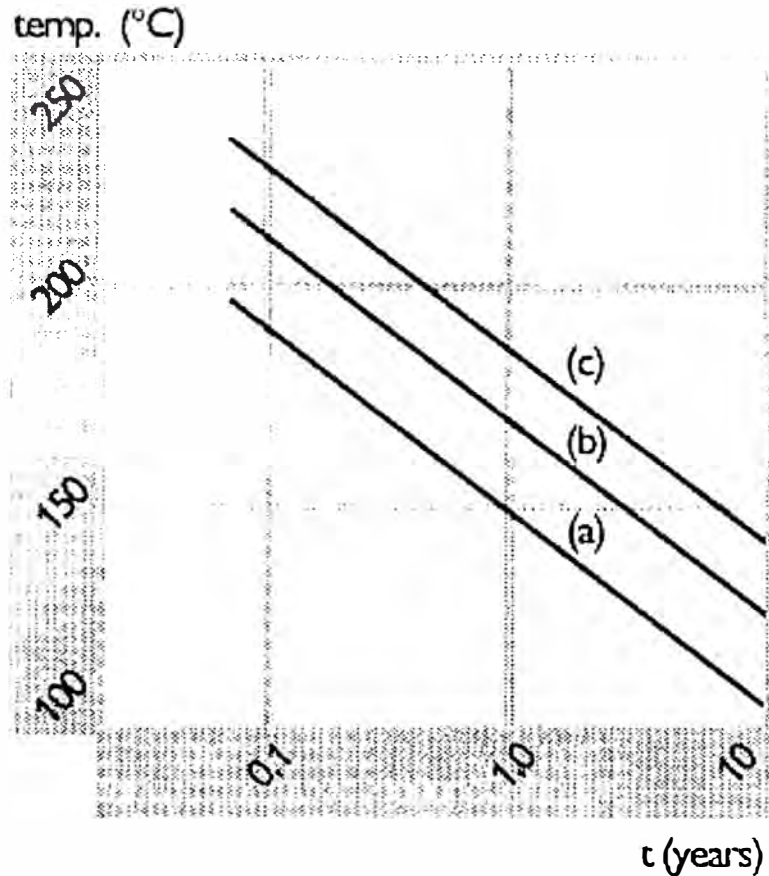


Fig. 1.3 Incremento t_w

1.4.- Incremento de la temperatura ΔT

Otro valor marcado sobre el balasto es el incremento de la temperatura del arrollamiento ΔT . Este valor es la diferencia entre la temperatura absoluta del arrollamiento y la temperatura ambiente en condiciones estándar, los valores comunes para ΔT están entre 50 a 70 °C en rangos de 5 grados.

El incremento de la temperatura de la bobina se obtiene por mediciones de la resistencia ohmica de la bobina de cobre caliente y fría.

Así, un balasto marcado con t_w 130 y T 60, se tendrá una vida promedio de 10 años de continua operación en condiciones estándar a una temperatura ambiente de $130 - 60 = 70$ °C. Cuando la temperatura ambiente alrededor del balasto es más alta, se espera una vida del balasto más corta a no ser que se aplique suficiente circulación de aire o enfriamiento.

La temperatura ambiente mencionada no es la temperatura del ambiente interior o la temperatura exterior, sino la temperatura del microambiente del balasto. Si el balasto está dentro de una luminaria o en una caja portaequipo, la temperatura del aire alrededor del balasto es más alta que la temperatura ambiental fuera de la luminaria. Esta alta temperatura tiene que ser añadida al incremento de la temperatura ΔT del arrollamiento para encontrar la temperatura absoluta del arrollamiento : $t_w = t_a + \Delta T$.

Adicionalmente, una tercera temperatura puede ser mencionada sobre el balasto: el incremento de la temperatura en condiciones anormales, medidos de acuerdo a la norma IEC (EN 60920). En resumen, es el incremento de temperatura en la bobina al 110% de la tensión de alimentación cuando el arrancador, perteneciente al sistema, esta corto-circuitado.

Las pérdidas en los balastos, llamados valores "fríos", son aquellos medidos cuando el balasto no está energizado o solamente ha funcionado por muy corto tiempo antes y el arrollamiento del balasto está a la temperatura ambiente (25 °C). En la práctica, después de algún tiempo de operación, el balasto alcanzará más o menos el valor ΔT y entonces la resistencia del cobre será aproximadamente 25% más alta que en la situación "fría".

1.5. Arrancadores o Ignitores

Todas las lámparas de descarga, a excepción de las de mercurio a alta presión, necesitan un voltaje mayor al habitual en la red para iniciar la descarga. Tales lámparas deben, consecuentemente, trabajar con algún mecanismo de arrancador o ignición que proporcione ese mayor voltaje inicial. Ese mecanismo puede constituir un elemento separado, puede formar parte integrante del balasto o puede incluso estar incorporado dentro de la propia lámpara, dependiendo del tipo de lámpara que se considere.

1.5.1 Lámparas fluorescentes

Las lámparas tubulares fluorescentes son de dos tipos: de arranque por arrancador o sin arrancador. Las lámparas con arrancador se encienden calentando los electrodos de la lámpara antes de aplicarles el voltaje que provoca la descarga. Este precalentamiento, que puede durar unos pocos segundos, es iniciado y terminado por un interruptor bimetálico separado.

Las lámparas tubulares fluorescentes sin arrancador se subdividen además en lámparas de encendido rápido y de encendido instantáneo. En las de encendido rápido los electrodos son calentados continuamente, desde el momento de conexión, a partir de devanados de baja tensión del propio balasto. Dado que no se dispone del impulso de ignición producido por el arrancador, estas lámparas están dotadas de una cinta externa de ignición que ayuda al encendido. En las de encendido instantáneo, la ignición depende únicamente de la aplicación de un alto voltaje sobre la lámpara, voltaje que es suministrado directamente por el balasto.

A todas las lámparas sin arrancador se les da un revestimiento transparente y repelente al agua en la parte externa del tubo para garantizar el encendido en ambientes húmedos. La eficiencia de estas lámparas es generalmente inferior a la de las lámparas con arrancador a igualdad de potencia nominal. La cualidad que ofrecen en relación con aplicaciones en exteriores tales como el alumbrado de carreteras es que garantizan el encendido con temperaturas muy bajas, hasta $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ en comparación con el mínimo de $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de las lámparas con arrancador.

1.5.2 Lámparas de Halogenuros Metálicos y Sodio de Baja Presión

Los picos de voltaje necesarios para la ignición de estas lámparas son muy superiores a los voltajes habituales de red: 600 – 700 volt para lámparas de halogenuros metálicos y 400 – 600 volt para las de sodio a baja presión. Ambos tipos de lámparas pueden encenderse usando un ignitor electrónico a tiristores conectado a través de los electrodos de la lámpara. El ignitor genera una serie de impulsos de alto voltaje de valor preciso y un circuito electrónico cuida que los impulsos cesen una vez que se ha producido la descarga.

Dado que el voltaje de ignición de las lámparas de sodio a baja presión es relativamente bajo, se puede lograr la ignición con ayuda de un transformador a fugas, que al mismo tiempo actúa como balasto inductivo. De hecho, hasta hace poco este método de ignición era obligado, dado que con todas estas lámparas el voltaje de funcionamiento puede, durante el periodo de arranque, alcanzar momentáneamente valores elevados (las lámparas de alta potencia tienen incluso valores de operación que permanentemente son mayores que los de la red). Sin embargo transformando la corriente sinusoidal habitual de la lámpara en forma de ondas rectangulares, como se hace actualmente en la práctica, puede reducirse la tensión de funcionamiento de la lámpara a un valor inferior al de la red. Esto permite emplear un ignitor electrónico con un balasto separado e integrar en el ignitor el circuito electrónico que recorta la corriente sinusoidal para dejarla en cuadrática. La ventaja de esta combinación de ignitor y balasto,

llamado a veces balasto híbrido, comparada al transformador a fugas es que disminuye apreciablemente las pérdidas de potencia, así como el peso y tamaño del elemento auxiliar.

Normalmente, cuando se interrumpe el suministro eléctrico de red a una lámpara de descarga es preciso que la lámpara se enfríe antes de que pueda volverse a encender. Este tiempo de recuperación o reencendido, como se suele llamar, es de unos 10 minutos en el caso de lámparas de metal halogenuro y en algunas aplicaciones un apagón de esta duración sería inaceptable (por ejemplo un estadio).

Puede lograrse, sin embargo, un reencendido instantáneo de las lámparas de metal halogenuro empleando un circuito ignitor especial. Este asegura que la lámpara caliente se mantiene ionizada con una potencia mucho más reducida mediante una fuente auxiliar de energía (ya sea la usada para el alumbrado de emergencia, o una batería de acumuladores) hasta que vuelva el suministro normal, en cuyo momento las lámparas retornarían a sus condiciones normales de plena luz.

Alternativamente, se pueden emplear con la misma finalidad circuitos especiales con ignitores de alto voltaje capaces de proporcionar picos de tensión de hasta 60 kV.

1.5.3 Lámparas de sodio de alta presión

Estas lámparas necesitan para su encendido picos de voltaje de alrededor de 3,000 volt. Algunas lámparas de sodio a alta presión tienen el sistema de ignición incorporado a la propia lámpara. Cada lámpara está dotada en este caso de un interruptor bimetalico cuya función varía de fabricante a fabricante.

Algunos de estos tipos de lámparas de sodio a alta presión con ignitor incorporado admiten los balastos normales de las lámparas de mercurio a alta presión, permitiendo, por tanto, que se actualicen y mejoren instalaciones con lámparas de mercurio sin gasto extra en los elementos auxiliares.

1.6.- Corrección del factor de potencia

Los circuitos con lámparas de descarga son estabilizados con balastos inductivos y compensados para un buen factor de mantenimiento con un condensador colocado en paralelo con la red.

Sin el condensador, el balasto inductivo produce un desfase en la corriente con respecto al voltaje suministrado.

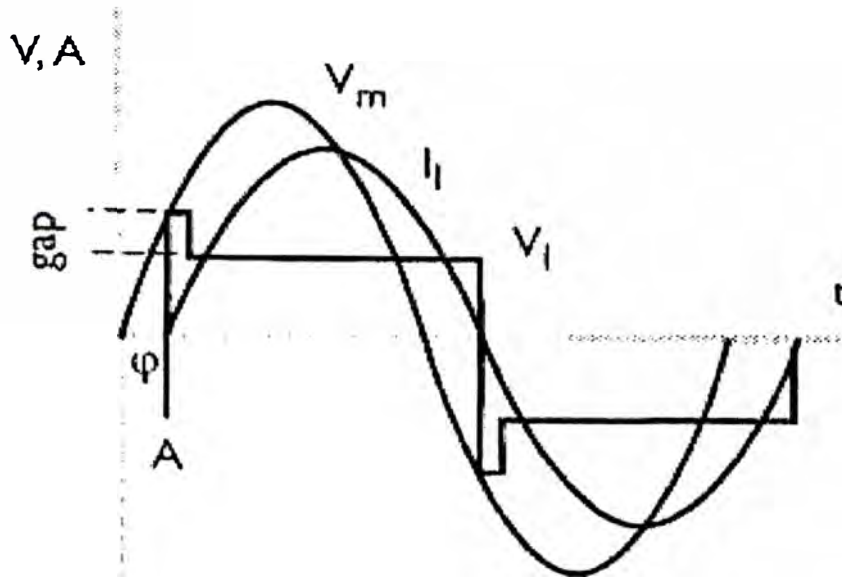


Fig. 1.4 Desfasaje de la corriente

Esto puede ser observado en la fig. 4, en la que se muestra la corriente de la lámpara I_l y el voltaje de la lámpara V_l en fase, y el voltaje sinusoidal de la red V_m . El factor de potencia del circuito puede ser calculado dividiendo el vatiaje total entre el producto del voltaje de la red y la corriente. Expresados en la siguiente ecuación:

$$\text{P.F.} = (W_l + W_b) / (V_m \cdot I_m) \quad (1.1)$$

Sin el condensador de compensación en paralelo, el factor de potencia de un circuito con lámpara de descarga es aproximadamente 0.5. Para las ondas fundamentales de voltaje y corriente se puede hacer un diagrama vectorial. El voltaje de la lámpara y la corriente de lámpara se encuentran en fase, mientras que el voltaje del balasto se encuentra desfasado en 90 grados. La suma vectorial del voltaje de la lámpara y el voltaje del balasto da el voltaje principal de la red. Ahora podemos determinar que el $\cos \phi = V_l / V_m$, que es un poco menos exacto que la fórmula (1.1).

CAPITULO II EL BALASTO ELECTRONICO

2.1 El Balasto Electrónico

El concepto de balastos electrónicos no nace de la idea de crear un elemento auxiliar para una determinada lámpara de descarga, sino que se debe a las investigaciones realizadas en fuentes conmutadas (SPS Switching Power Supply) durante la década de 1960. Debido a que se trata de circuitos que conmutan potencia a alta frecuencia ($>20\text{KHz}$), la tecnología existente en el momento no era capaz de desarrollar llaves de estado sólido (Transistores), que operaran satisfactoriamente bajo esas condiciones.

Finalmente, en la década del 70, la tecnología de componentes desarrolla los transistores SIP-MOS capaces de conmutar potencia a alta frecuencia con resultados satisfactorios. Hoy en día, con el avance de la electrónica de potencia y las tecnologías de integración, se desarrollan circuitos integrados especialmente para esta aplicación.

2.2 Principio de funcionamiento

El balasto electrónico está integrado en una llamada "caja negra", sus diferentes funciones pueden ser divididos en un número individual de bloques. Un balasto electrónico, consta principalmente de 5 partes:

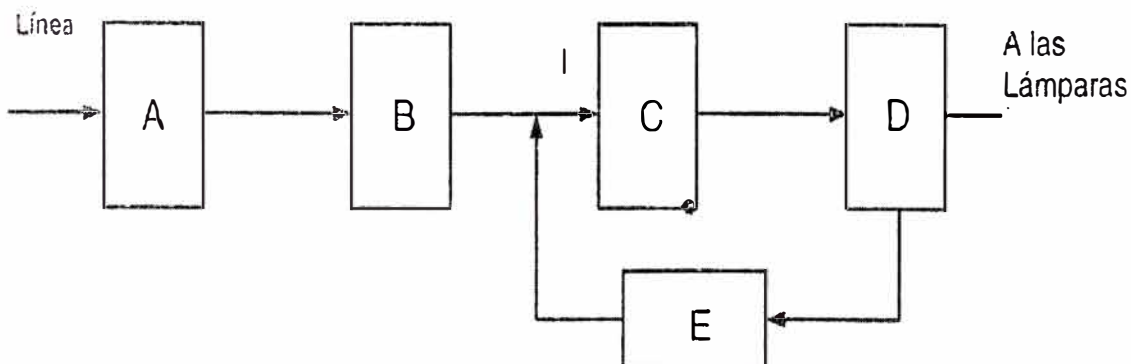


Fig.2.1 Diagrama en bloques del balasto electrónico

A) Filtros de líneas

El filtro de línea se encarga de evitar que cualquier sobrepico de tensión llegue a los componentes internos del balasto. También filtra cualquier pico de tensión generado por el balasto hacia la línea, evitando interferencias electromagnéticas en línea.

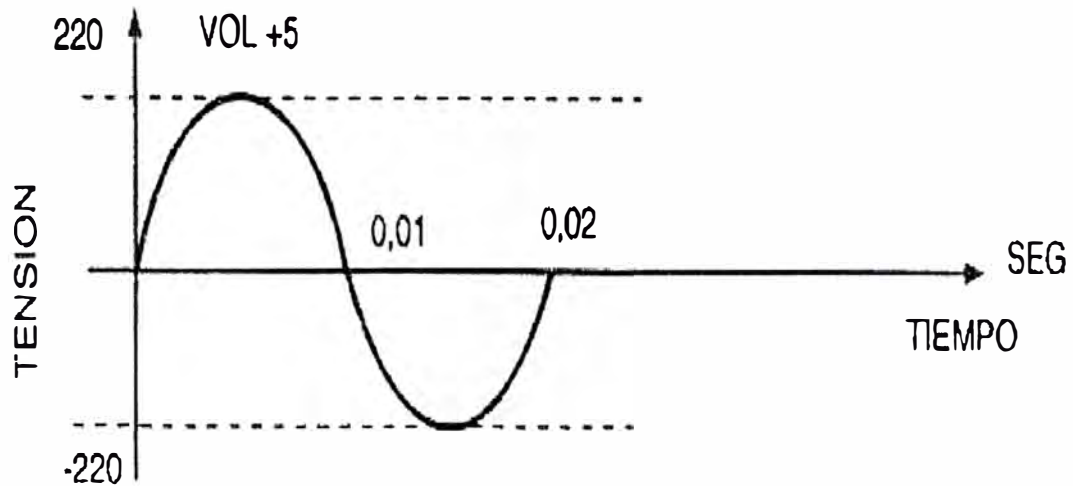


Fig.2.2 Filtros de línea

B) Rectificador de onda completa

El rectificador se encarga de convertir la tensión alterna en una tensión continua.

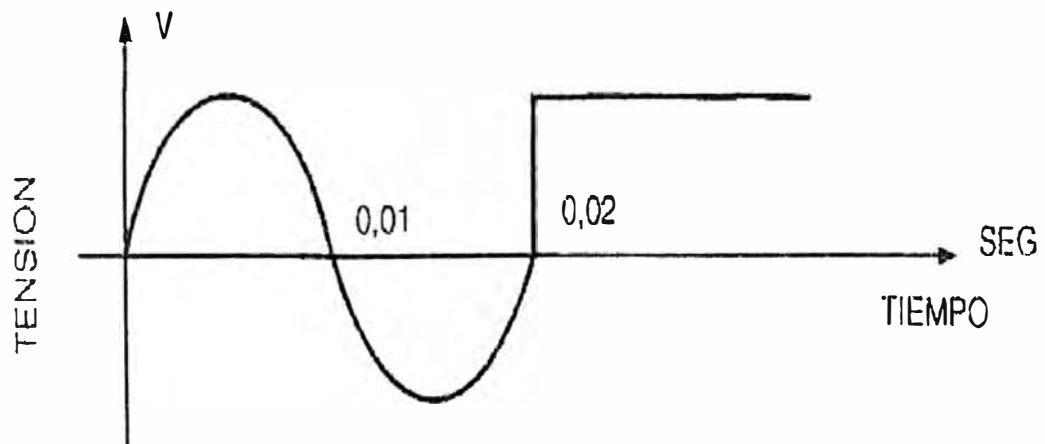


Fig.2.3 Rectificador

C) Generador de alta frecuencia HF

El generador de HF convierte la tensión alterna a alta frecuencia.

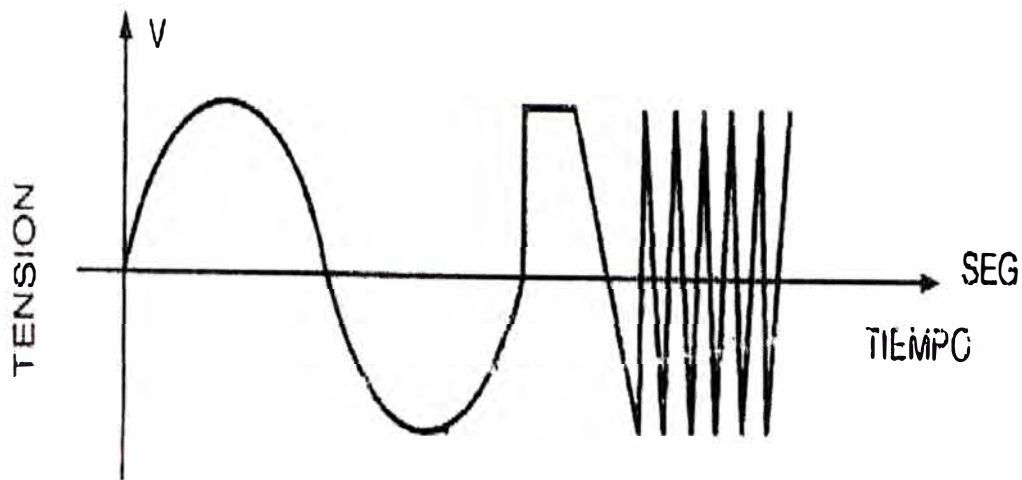


Fig.2.4 Generador de HF

- D) Transformador de salida y limitador de corriente
- E) Corrección de factor de potencia.

El transformador de salida y limitador de corriente cumplen la misma función que balasto tradicional, salvo que por trabajar en alta frecuencia son mucho más pequeños y tienen menos pérdidas, debido a que los materiales utilizados en el núcleo de los mismos es de ferrita.

Para corregir el factor de potencia el balasto posee una realimentación negativa que asegura un $\cos \varphi \geq 0,95$ capacitivo.

2.3 Elección de la frecuencia

La frecuencia de operación debería estar por encima de los 10 kHz para que las lámparas de nueva generación obtengan 10% más de eficiencia, comparado con la operación a 60Hz, y por encima de los 20 kHz para estar en el límite de la audibilidad humana.

Por otro lado, debería estar aproximadamente por debajo de los 100 kHz para limitar las pérdidas en el fierro y transistores.

Aparte de estas consideraciones, existe un tercer factor a ser considerado: al igual que todas las lámparas, las lámparas fluorescentes emiten no sólo luz visible, tienen una cantidad variable de emisión infrarroja. Cuando la operación se realiza en alta frecuencia, esto puede interferir con los controles remotos infrarrojos como los usados en televisión, audio, video, sistemas de transmisión y comunicación de datos.

En la actualidad, el rango de frecuencia de 30 kHz a 40 kHz más o menos es reservado para sistemas IR. Es por esta razón que varias frecuencias de operación han sido escogidas para los balastos electrónicos de nueva generación que están aproximadamente por los 45 kHz para fluorescentes rectos de alta eficiencia.

2.4 Ignición y Re-ignición

Una lámpara fluorescente con cátodos fríos necesita para la ignición (arranque) un pico de voltaje de más o menos 800 V r.m.s dependiendo del tipo de lámpara. Este nivel de tensión de arranque sumado al número excesivo de encendidos y apagados por día de la lámpara, dará como resultado una sensible disminución en el tiempo de vida.

Otra posibilidad es subir la temperatura de emisión a los electrodos de la lámpara antes de la ignición mediante el pre-calentamiento.

Existen dos modos de precalentamiento:

- corriente de pre-calentamiento, con más o menos una corriente constante a través de los cátodos de la lámpara conectada a un balasto electrónico de esta característica de pre-calentamiento.
- voltaje de pre-calentamiento, con un voltaje dependiendo de la frecuencia actual de operación, este tipo es una característica de los balastos electrónicos regulables, donde la corriente del cátodo es alta en el nivel más bajo de dimerización.

Debido a este arranque en caliente, el tiempo de vida de las lámparas no dependerá del número de interrupciones que se pueda realizar, comparada con los métodos convencionales de arranque en frío de las lámparas.

De esta forma, una lámpara apagada como resultado de una interrupción o disminución en el voltaje principal, la re-ignición (re-encendido) es garantizada tan pronto como el voltaje retorne.

2.5 Distorsión Armónica

De acuerdo a normas internacionales que se basan en la norma EN 61000-3-2, las armónicas más altas generadas por una carga eléctrica no deben exceder ciertos porcentajes. El filtro pasa bajos a la entrada del balasto asegura que estos porcentajes cumplen con la norma mencionada. A continuación se muestra estos porcentajes:

Tabla N° 1.1 Distorsión Armónica

Tabla de balastos	Factor de potencia	Armónicas %							
		Balastos Philips				Límite según IEC 555-2			
		3ª	5ª	7ª	9ª	3ª	5ª	7ª	9ª

BHF 132 H 13	> 0.96	21.4	7.0	3.2	1.6	28.8	7.0	4.0	3.0
BHF 232 H 13	> 0.96	23.0	7.0	2.9	1.3	28.8	7.0	4.0	3.0
BHF 150 H 13	> 0.96	21.4	7.0	3.0	1.5	28.8	7.0	4.0	3.0
BHF 250 H 13	> 0.96	21.4	6.7	2.6	1.2	28.8	7.0	4.0	3.0

2.6 Interferencias Electromagnéticas

En lo que respecta a este tipo de interferencias, no sólo el balasto, sino que la combinación de balasto lámpara y luminaria debe ser considerado. Tenemos que diferenciar dos tipos de interferencias electromagnéticas: la interferencia que se produce de las terminales de conexión del balasto a la línea (voltaje de interferencia en terminales) y la interferencia que es radiada por los circuitos del balasto (campo de interferencia radiométrica).

La aplicación de balasto de alta frecuencia en ambientes hospitalarios, muestran que el efecto producido por luminarias con estos balastos en equipos de electromedicina muy sensibles para diagnósticos y observación, no afecta su funcionamiento. Se tomaron mediciones sobre electrocardiógrafos con una bobina de medición a una distancia muy corta de la luminaria de alta frecuencia. Los resultados dieron que prácticamente no se detectó ningún tipo de radiación en el rango de frecuencias mencionado.

2.7 Efectos por las fluctuaciones de la red

El voltaje principal al cual es instalada una luminaria nunca es constante; está influenciado, por ejemplo, por el encendido o apagado de otras cargas. Por lo tanto, el nivel del voltaje principal puede sólo ser garantizado entre tolerancias mínimas y máximas.

Aún más, el voltaje nominal puede diferir de un país a otro. Por ejemplo, en el Reino Unido el voltaje nominal es 240V comparado con los 220V de nuestro país.

Con respecto a las fluctuaciones, existen dos requerimientos:

- Un requerimiento de seguridad general. Ninguna situación peligrosa debería ocurrir dentro del $\pm 10\%$ del valor nominal de la tensión (dentro de este rango, se debe garantizar el tiempo de vida, temperatura de operación y voltaje requerido de operación para la lámpara).
- Un requerimiento de operación. El circuito debe operar dentro de los límites especificados dentro del $- 8\%$ a $+6\%$ (dentro de este rango, se debe obtener los valores de flujo luminoso indicado, corriente de lámpara y ignición y re-ignición).

Del mismo modo, con respecto a las fluctuaciones del voltaje, el balasto electrónico puede ser dividido en dos grupos:

- Un grupo en el cual la potencia de la lámpara, flujo luminoso, corriente de la lámpara, etc. varía sensiblemente con las fluctuaciones en el voltaje principal (ver Fig.2.5), en donde P_i es la potencia de la lámpara, ϕ es el flujo luminoso, η es la eficiencia y I_l es la corriente de lámpara.

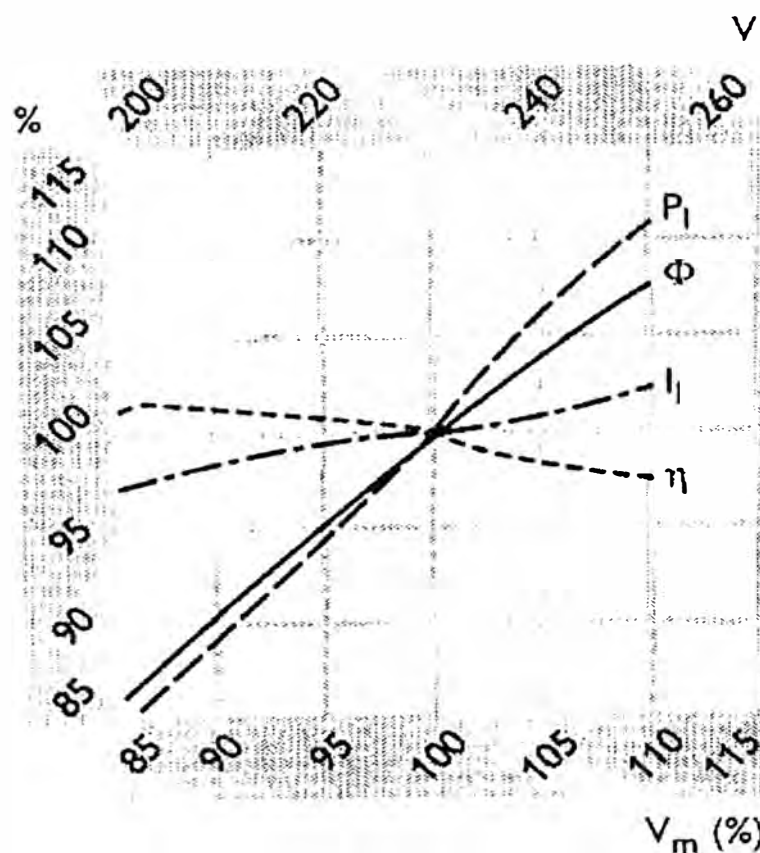


Fig.2.5 Influencia de las fluctuaciones del voltaje principal

Un grupo basado en la independencia del voltaje principal, donde la potencia de la lámpara y flujo luminoso difícilmente cambian con las variaciones del

voltaje principal. Se debe tener en mente que con la independencia del voltaje principal (algunas veces llamado vatiaje-constante) la corriente principal subirá con la disminución del voltaje principal.

2.8 Corrientes de Inrush

En los balastos electrónicos existen fenómenos que pueden provocar el corte de llaves diferenciales y térmicas debido a sobre-picos de corriente en una instalación con este tipo de balastos; a estos fenómenos se los denomina corrientes de inrush y corrientes de pérdida a través de la conexión a tierra.

La corriente de inrush de un balasto electrónico llega a tener un valor de 4 a 12 amperes, dependiendo del tipo de balasto. El ancho de pulso de la corriente de inrush es sólo de 3 milisegundos (medido al 50% del pico máximo).

El valor máximo se alcanza cuando el balasto se enciende en el momento que la sinusoide de la tensión de línea pasa por cero. De todas maneras la corriente de inrush en una instalación con varios balastos electrónicos dependerá mayormente de la impedancia de la línea en cuestión. Para prevenir que salten las llaves termomagnéticas se recomienda que se utilicen llaves con características "K".

Las corrientes de pérdida a través de la conexión a tierra en un balasto electrónico tienen un valor máximo de 0,5 mA. Este valor, aunque pequeño, debe ser tenido en cuenta cuando se van a utilizar disyuntores diferenciales.

Por ejemplo sobre un disyuntor diferencial de 30 mA pueden ser conectados como máximo 30 balastos.

Se recomienda, para evitar cortes involuntarios de las llaves, respetar la polaridad de vivo y neutro en los balastos, esto es para asegurar que la llave se encuentra en el vivo de la línea.

Se recomienda también utilizar disyuntores diferenciales resistentes a transitorios del tipo 360 o F 370 tipo BBC.

2.9 Ventajas de los balastos electrónicos

Podemos resumir las ventajas que brindan los balastos electrónicos en 5 aspectos relevantes:

- Pequeñez y simpleza
- Confort
- Economía
- Flexibilidad
- Seguridad.

2.9.1 Pequeñez Simpleza

Con balastos tradicionales, en el caso de artefactos con dos tubos, se requiere 2 arrancadores, 2 zócalos para arrancadores, 2 bastos electromagnéticos y un cableado complejo para unir todos estos elementos.

Con balastos electrónicos sólo se requiere una única unidad más liviana y un cableado sencillo.

2.9.2 Confort.

Con los balastos tradicionales el encendido es parpadeante, se produce efecto estroboscópico debido a la baja frecuencia de línea (60 Hz), zumbido de las chapas del núcleo y cuando el tubo cumple su ciclo de vida el balasto sigue funcionando generando una pérdida de energía. Con los balastos electrónicos el encendido es rápido y sin parpadeo, no se percibe efecto estroboscópico debido a que trabaja a alta frecuencia (>25KHz), son silenciosos y se apagan automáticamente cuando la lámpara cumple su ciclo de vida.

2.9.3 Economía

Los balastos tradicionales poseen pérdidas relativamente altas (10W en un balasto de 40W), se agrega un costo adicional debido al agregado de un capacitor en paralelo para corregir el factor de potencia, costos extras con el aire acondicionado debido al calor generado, mayor depreciación luminosa de las lámparas y proporcionan la vida nominal a la lámpara.

Con los balastos electrónicos se tiene un 13% menos de pérdidas, no hay costo adicional para corregir el factor de potencia, se reducen los costos de aire acondicionado ya que generan un 30% menos de calor, producen menor depreciación luminosa en los tubos, incrementan un 50% la vida nominal de la lámpara reduciendo el costo de mantenimiento. Los tubos fluorescentes al trabajar en alta frecuencia incrementan su eficiencia luminosa en un 10% (ver figura 2), lo que sumado a las bajas pérdidas del balasto y bajo costo de mantenimiento permiten obtener un ahorro de energía del 25%.

2.9.4 Flexibilidad

Con los balastos tradicionales se requieren unidades especiales, complejas y voluminosas para poder dimmerizar las lámparas fluorescentes, complica el conexionado al aumentar las posibilidades de conmutación de lámparas y limita el diseño de las luminarias.

Con los balastos electrónicos la dimmerización es sencilla ya que no hace falta agregar unidades especiales, se puede obtener una variación del flujo luminoso en forma continua hasta un 10% del flujo nominal, el centro del sistema de iluminación es sencillo y

se puede implementar en forma manual, automática o a través de controles remotos. Otorga flexibilidad al diseño de las luminarias.

2.9.5 Seguridad

Con balastos tradicionales el buen funcionamiento de la lámpara depende de la tensión de línea y se necesita un fusible aparte para proteger la instalación.

Con balastos electrónicos se mantienen las características de tensión y corriente de lámpara independientemente de las fluctuaciones de la tensión de línea y el fusible está incorporado al balasto.

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION

3.1 Estudio de caso típico de iluminación Industrial

El trabajo realizado en la industria cubre una gama de actividades mucho más variada que el de las oficinas y escuelas. Las tareas visuales pueden ser extremadamente pequeñas o muy grandes, oscuras o claras y abarcar formas planas o contorneadas.

Desde el punto de vista de la percepción visual, tales tareas se clasifican según su grado de finura. Cuanto menos crítico sea la tarea, menores serán las exigencias de nivel y calidad de la iluminación. A la inversa, cuanto más fino sea el trabajo mayor debe ser el nivel de iluminancia y ausencia de deslumbramiento. Cuando la iluminación general no sea suficiente para cumplir los requisitos especiales de una determinada tarea visual se ha de complementar de alguna forma con una iluminación localizada.

El sistema de iluminación a emplear está determinado en gran medida por la naturaleza del trabajo a realizar, la forma del espacio a iluminar y el tipo de estructura del techo.

Para el presente informe, definiremos un espacio típico de un ambiente industrial textil de 1,000 m² (20 x 50m) y altura libre de 4m, en el que se realiza un trabajo de tricotado, punto, tejido y/o costura requiriéndose un nivel de iluminación sugerido de 500 lux para trabajo diurno y nocturno sin ingreso de luz natural.

El trabajo consistirá en plantear alternativas de solución considerando diferentes tipos de luminarias y comparando los resultados entre el uso del balastos convencional electromagnético y el balasto electrónico.

3.2 Criterios básicos de iluminación Industrial

Con los requerimientos luminotécnicos definidos y teniendo las dimensiones del ambiente a iluminar, plantearemos los criterios básicos de iluminación industrial.

3.2.1 Elección de la fuente de luz

Para la iluminación general, en la elección entre lámparas fluorescentes tubulares y lámparas de descarga de alta intensidad (HID) debe influir principalmente la altura de montaje disponible. Las alturas de las áreas de trabajo varían de un lugar a otro. En

algunas áreas, la altura es prácticamente la misma que en una oficina, mientras que en otras alcanza varias veces esa altura.

a) Áreas de altura baja (hasta aproximadamente 6m.)

Normalmente, para la iluminación general de áreas de trabajo con una altura de hasta 6m, se seleccionará una lámpara del tipo fluorescente tubular. Por su agradable apariencia de color y por su rendimiento de color natural, son particularmente adecuadas las lámparas TLD color 84 ó 865 (Philips). Las versiones de alta frecuencia de estas lámparas están disponibles para aquellas áreas en las que se precise una luminosidad altamente eficaz.

b) Áreas de altura media (aproximadamente entre 6 a 10m)

Para alturas de montaje intermedias la elección está entre las lámparas de descarga (HID) con reflectores para fuente de luz puntuales, tales como lámparas de metal halogenuro y lámparas de sodio de alta presión.

3.2.2 Nivel y Uniformidad

Una buena iluminación significa la luz exacta en el lugar preciso. Y por supuesto, la naturaleza de la tarea visual, es decir, el tamaño de los detalles físicos y los contrastes de brillos existentes, es lo que se determina la cantidad de luz necesaria. Los detalles de grandes dimensiones y los contrastes pronunciados implican un trabajo visualmente poco exigente y niveles de iluminación relativamente bajos.

Los detalles de los objetos, el contraste de colores o la textura de la superficie son los que definen el nivel de iluminación necesario en el área de trabajo horizontal, vertical o inclinado.

La iluminación mínima recomendada en cualquier punto del área de total de trabajo es de 200 lux con actividad continua. La iluminación en las zonas de tránsito contiguas debe ser como mínimo de 100 lux, o de 150 lux si son utilizadas por personas o vehículos.

En los entornos sin presencia de luz diurna y con turnos de noche, la iluminación mínima deberá elevarse hasta 500 lux para favorecer la sensación de bienestar y mantener al personal activo.

Si el sistema de iluminación general crea una luz uniforme sobre el plano de trabajo en todo el espacio, existirá una amplia libertad en la distribución de maquinaria y puestos de trabajo. La uniformidad de la luz sobre el plano de trabajo es un excelente indicador de la calidad de la iluminación. La uniformidad suele considerarse buena si la relación entre la iluminancia mínima y media (promedio) horizontal en un puesto de trabajo cualquiera no es menor de 0.50.

3.2.3 Control del deslumbramiento

El objetivo es dirigir la luz hacia la zona de trabajo sin causar molestos deslumbramientos directos o reflejados.

La mayoría de las fuentes de luz utilizadas en la iluminación industrial son relativamente brillantes y producen un flujo luminoso elevado en todas las direcciones. Esto significa que hay que adoptar medidas para procurar que la luz se dirija allá donde se precise, evitando cualquier dispersión de luz para ocasionar las menores molestias posibles.

3.2.4 Temperatura de color y rendimiento del color

Los trabajos rinden más si se sienten seguros y cómodos. Las fábricas y los talleres, en cambio, suelen estar mal iluminados por la luz antinatural procedente de unos fluorescentes de color estándar "económico" de 40W color 54. Lo que hace falta es una combinación adecuada de lámpara y reflector que aporte una luz de color agradable y buen rendimiento cromático a los lugares necesarios.

La capacidad de la luz para revelar el color real de los objetos circundantes suele darse por sentado. No es necesario recordar, sin embargo, que los colores que vemos están fuertemente influenciados por la fuente de luz utilizada. Este hecho puede resultar de vital importancia, en especial si se trata de interiores industriales. Esta última demostración, muy convincente, nos explica exactamente qué es todo esto del rendimiento en color.

Fuentes de luz buenas y eficientes son las lámparas TL-D color 840/865. El color 840, equivale a una luz blanca neutral de 4000°K con una reproducción cromática (IRC) de 85. El color 865, produce una luz blanca fría de 6500°K con el mismo índice de reproducción.

El color 840 conviene especialmente en áreas donde la luz natural se complementa con luz artificial.

3.2.5 Efecto estroboscópico

Una consideración importante a la hora de iluminar áreas industriales y maquinarias es la seguridad de los trabajadores. Esta demostración centra nuestra atención sobre el fenómeno, potencialmente peligroso, del efecto estroboscópico, así como la manera de evitarlo.

La estación de trabajo está equipada con una taladradora eléctrica, y se nos muestra cómo el torno giratorio parece estacionario si recibe la iluminación general de las lámparas fluorescentes controladas por equipos convencionales (balasto electromagnético), en lugar de emplear una lámpara incandescente para reducir el efecto, también puede utilizarse un fluorescente compacto, mucho más eficiente y ahorradora,

con balasto electrónico incorporado. El efecto, no obstante, no desaparecerá por completo, ya que el torno es posible que reciba luz de la iluminación general. Una solución, se sugiere, es el uso de iluminación general accionada por equipos electrónicos de control de alta frecuencia (balasto electrónico).

3.3.- Uso del Software Calculux

Para resolver los espacios típicos propuestos en el presente trabajo, haremos uso del programa Calculux for Windows, que es un software de cálculo desarrollado por Philips Lighting B.V. para el diseño de iluminación en interiores, exteriores y alumbrado público. Con el uso de este programa hallaremos la solución a nuestros problemas planteados

El software calculux se ha constituido en una poderosa herramienta de cálculo para ingenieros, arquitectos y diseñadores en general debido a su gran versatilidad y a la confiabilidad de sus resultados. Permite a los proyectistas a seleccionar y evaluar las diferentes alternativas de solución para iluminación interior, exterior y alumbrado público, permitiendo además a optimizar la distribución de las luminarias de acuerdo a los requerimientos establecidos.

3.4.- Resultados de cálculo

A continuación describiremos los resultados luminotécnicos calculados según las características del problema.

Para todos los casos se ha considerado un ambiente con las siguientes dimensiones: 20m de ancho, 50m de largo y altura libre de 4m. El requerimiento del nivel de iluminación es 500 lux para un trabajo diurno y nocturno sin ingreso de luz natural para un trabajo relacionado a la confección, el factor de mantenimiento utilizado es 0.85.

En el **Anexo A** planteamos la solución con el uso de braquetes industriales simples con lámpara fluorescente recto de 40W color 54 con balasto electromagnético.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tipo de luminaria	: Braquete industrial
Cantidad de luminarias a usar	: 256 unidades
Tipo de balasto	: Electromagnético
Tipo de lámpara	: Fluorescente 40W / 54
Potencia Instalada	: 24.58 kW
Nivel de iluminación	: 517 lux
Uniformidad	: 0.70

Plantearémos ahora una alternativa a este problema con el uso de balastos electrónicos y lámpara fluorescente de mayor eficiencia de 36W/840. Los resultados se presentan en el **Anexo B** y estos son:

Tipo de luminaria	: Braquete industrial
Cantidad de luminarias a usar	: 198 unidades
Tipo de balasto	: Electrónico
Tipo de lámpara	: Fluorescente TL-D36W/840 alta eficiencia
Potencia Instalada	: 14.26 kW
Nivel de iluminación	: 512 lux
Uniformidad	: 0.70

De estos resultados, podemos concluir diciendo que es notable la reducción de la potencia instalada necesaria para iluminar el mismo ambiente. El uso de los balastos electrónicos con lámparas fluorescentes de alta eficiencia, permiten no sólo tener un ambiente más agradable y seguro en la industria, sino un ahorro al momento de consumir energía eléctrica y que será analizado con mayor detalle en el siguiente capítulo.

Ahora desarrollaremos el mismo ambiente con una variante en la luminaria, usaremos pantalla reflectora para buscar eficiencia en el diseño de la iluminación.

En el **Anexo C** se presenta los resultados usando braquete industrial con pantalla reflectora y balasto electromagnético. Los resultados son los siguientes:

Tipo de luminaria	: Braquete Industrial con pantalla reflectora
Cantidad de luminarias a usar	: 184 unidades
Tipo de balasto	: Electromagnético
Tipo de lámpara	: Fluorescente 40W / 54
Potencia Instalada	: 17.66 kW
Nivel de iluminación	: 500 lux
Uniformidad	: 0.66

Haremos el cálculo con balasto electrónico y lámpara fluorescente de mayor eficiencia de 36W /840.

Los resultados se plantean en el **Anexo D** y estos son:

Tipo de luminaria	: Braquete industrial con pantalla reflectora
Cantidad de luminarias a usar	: 144 unidades
Tipo de balasto	: Electrónico
Tipo de lámpara	: Fluorescente TL-D36W/840 alta eficiencia
Potencia Instalada	: 10.37 kW
Nivel de iluminación	: 501 lux
Uniformidad	: 0.67

Por último, analizaremos los resultados con otro tipo de luminaria más especial, usaremos luminarias herméticas para el mismo espacio industrial con balasto electromagnético y fluorescente de 40W / 54.

Los resultados se comprueban en el Anexo E y estos son:

Tipo de luminaria	: Luminaria hermética
Cantidad de luminarias a usar	: 225 unidades
Tipo de balasto	: Electromagnético
Tipo de lámpara	: Fluorescente 40W / 54
Potencia Instalada	: 21.60 kW
Nivel de iluminación	: 500 lux
Uniformidad	: 0.66

Del mismo modo, calcularemos su alternativa con balasto electrónico y fluorescente de alta eficiencia 36W/840. Los resultados lo comprobamos en el **Anexo F** y estos son:

Tipo de luminaria	: Luminaria hermética
Cantidad de luminarias a usar	: 176 unidades
Tipo de balasto	: Electrónico
Tipo de lámpara	: Fluorescente TL-D36W/840 alta eficiencia
Potencia Instalada	: 12.67 kW
Nivel de iluminación	: 503 lux
Uniformidad	: 0.61

Con estos resultados, haremos los respectivos análisis económico de costo de inversión y costo de operación para cada una de las alternativas propuestas.

En el siguiente capítulo, mostraremos como es que haciendo un uso adecuado de los equipos existentes de iluminación, podemos tener ambientes iluminados eficientemente y con un ahorro significativo de dinero.

CAPITULO IV

ANÁLISIS ECONOMICO EN LA ILUMINACION

4.1 El rol del análisis económico en la Iluminación

La iluminación debe ser sensible a todas las necesidades de los usuarios, considerando las necesidades económicas. En efecto, las necesidades económicas a menudo son determinantes cuando los sistemas de iluminación son diseñados y adquiridos. Desafortunadamente, los asuntos económicos frecuentemente conllevan a soluciones antiestéticas en los diseños de iluminación, debido a que muchos de ellos son soluciones solamente económicas (menor precio). La iluminación profesional tiende a hacer una lista de criterios y necesidades que son considerados esenciales, y entonces se inicia los complicados procesos de identificación de prioridades y determinación de algunos criterios según el presupuesto. Por ejemplo, cuando la visión de un trabajador es afectada por el problema del deslumbramiento, reduce su productividad y es una consecuencia económica. Una decisión para mejorar la iluminación podría estar basada en las necesidades económicas del propietario. De este modo, teniendo correcto cuidado de las necesidades económicas estas pueden asegurar que las otras necesidades de iluminación son apropiadamente consideradas.

Un comprensivo análisis económico de la iluminación para sistemas nuevos o existentes deberían:

- Comparar sistemas alternativos de iluminación
- Evaluar técnicas de mantenimiento y operación.
- Determinar los beneficios de la iluminación con respecto a sus costos (análisis costo-beneficio)

4.2 El Costo de la Luz

Un análisis económico simple consiste en cumplir una regla: los costos iniciales son comparados y el menor costo es escogido. De esta manera, si la lámpara A cuesta S/. 5.20 y la lámpara B cuesta S/. 5.00, la lámpara B es seleccionada. Si las lámparas son idénticas en operación, este puede ser un suficiente análisis. Sin embargo, si la lámpara A produce 1,000 lúmenes (lm) y la lámpara B produce sólo 800 lm, entonces la lámpara A puede ser elegido sobre la base de una comparación del costo por lumen (lámpara A, 0.12 centavos/lm; lámpara B, 0.125 centavos/lm). Por otro lado, la lámpara A

puede tener una expectativa de vida de 1,000 horas comparada con las 1,100 horas de la lámpara B; en este caso es necesario un nuevo análisis.

Para un análisis correcto, los beneficios y costos deben ser considerados en el análisis con el objeto de obtener un resultado más significativo. Todo proyecto de iluminación involucra un gasto de dinero por un número de productos (ej. lámparas, luminarias, cables y mano de obra de instalación) en el afán de obtener ciertos beneficios.

De esta forma, el costo de la luz puede ser expresado por la siguiente ecuación:

$$U = \frac{10}{Q} \left(\frac{P+h}{L} + WR \right) \quad (4.1)$$

donde:

U = costo por unidad de luz por lámpara (dólares/10⁶ lm x h)

Q = flujo luminoso de la lámpara en lúmenes (lm)

P = precio de la lámpara (en centavos de dólar)

h = costo por reemplazar una lámpara (en centavos de dólar).

L = expectativa de vida promedio de la lámpara (en miles de horas)

W = potencia de la lámpara total (lámpara y pérdidas)

R = Costo de la energía (centavos de dolar / kWatt-hora).

Esta ecuación puede ser usada para comparar dos lámparas que serán instaladas en un mismo sistema de iluminación, por ejemplo evaluar una lámpara fluorescente compacta con una lámpara incandescente.

Es importante mencionar que esta ecuación no contiene información acerca de las luminarias en las cuales será alojada la lámpara. Su uso se restringe a lámparas y luminarias similares. No debemos olvidar que las lámparas pueden tener determinadas formas, tamaños, intensidades, etc. que desarrollarán ciertas características constructivas de las luminarias.

4.3 Retorno simple del dinero (Payback)

El método simple de retorno del dinero es usado comúnmente en la iluminación industrial el día de hoy para comparar y evaluar un proyecto de iluminación. El retorno del dinero (payback) ofrece información acerca de la cantidad de tiempo requerido por una inversión o desembolso inicial para ser pagado. Es definido como el costo inicial de un sistema dividido por un pago anual (cash flow) o ahorro que el sistema generaría. El retorno simple del dinero es calculado por la siguiente fórmula:

$$P = I / A \quad (4.2)$$

donde:

P= periodo de retorno del dinero (años)

I = inversión de dinero

A = ahorro anual (cash flow).

Supongamos que un propietario desea modificar su iluminación por un sistema que le permitirá ahorrar S/. 2,000 anuales en costo de energía, la inversión necesaria para adquirir los productos y el costo de instalación representan S/. 11,000, entonces el periodo de retorno de la inversión será:

$$P = 11,000 / 2,000 = 5.5 \text{ años}$$

Adicionalmente, esta fórmula me permite comparar dos tipos de alternativas de mejora: cuando deseo reemplazar un sistema de iluminación ya existente o cuando se está realizando un proyecto de iluminación industrial o de cualquier otro tipo y se desea determinar que sistema de iluminación es más conveniente.

4.4 Análisis económico de los resultados

Después de hacer los cálculos luminotécnicos, analizaremos los costos por inversión de luminarias y los costos de operación anual que comprenden la utilización de los sistemas de iluminación respectivos.

Es importante mencionar las consideraciones generales que se tuvieron en cuenta para el análisis económico. Se está asumiendo que el tiempo de funcionamiento de las lámparas fluorescentes es de 12 horas diarias durante 53 semanas de lunes a viernes. Los costos de las luminarias más lámparas son precios de mercado y no incluyen el IGV para ninguno de los casos. Con respecto a la mano de obra, se está considerando USD 10.00 como instalación en punto de salida eléctrica y USD 2.00 por cambio de lámparas fluorescentes. El precio de la energía eléctrica se ha considerado USD 0.10 centavos de dólar norteamericano.

4.4.1 Análisis económico para el Caso I

Para el análisis del primer caso, nos ayudaremos de los resultados presentados en la **Tabla 4.1** que nos muestra todos los costos involucrados en el análisis económicos.

En este caso se está considerando una nueva iluminación con dos alternativas: el uso de braquetes simples para la iluminación con balastos electromagnéticos y

fluorescentes de 40W /54 y con balastos electrónicos con fluorescentes de alta eficiencia de 36W/84 /84.

Los costos de inversión por adquisición e instalación para cada uno de los casos son: USD 4,608.00 para luminarias con balastos electromagnéticos y USD 5,940.00 para las luminarias con balasto electrónico.

La diferencia entre ambas opciones es USD 1,332.00, es decir, si optamos por las luminarias con balasto electrónico debemos de invertir ese adicional a nuestro presupuesto inicial para lograr beneficios posteriores por ahorro de energía.

Algo importante es notar que, en el caso que nosotros consideremos luminarias con balasto electromagnético y lámparas de 40W/54 (lo que comúnmente se hace en la actualidad) ,se necesitarán más puntos de luz para un mismo nivel requerido de iluminación en comparación si usáramos balastos electrónicos y lámparas fluorescentes de alta eficiencia 36W/84.

Si consideramos el costo de operación para ambos casos, tenemos:

- Con balasto electromagnético y fluorescente 40W/54 es USD 8,286.72
- Con balasto electrónico y fluorescente 36W/84 es USD 4,741.31

Esto significa que podríamos ahorrar USD 3,545.41 anuales como ahorro de energía en el caso que optemos por balastos electrónicos con una inversión adicional de USD 1,332.00.

Por otro lado, suponiendo que tenemos iluminado el ambiente con balastos electromagnéticos y fluorescentes de 40W/54 que me significaban anualmente un costo de operación de USD 8,286.72, renovar ese ambiente industrial me involucraría una inversión inicial de USD 5,940.00 si cambiamos a balasto electrónico y fluorescentes de 36W/84 de alta eficiencia permitiéndome un ahorro anual por operación de USD 3,545.41 dando como tiempo de recupero de capital, según la formula (4.2): $5,940.00 / 3,545.41 = 1.68$ años.

En otras palabras, ya sea como alternativa de solución para un proyecto nuevo o como renovación de iluminación, los balastos electrónicos me brindan una enorme ventaja económica sumado al uso de fluorescentes de 36W de alta eficiencia.

4.4.2 Análisis económico para el Caso II

Nos referiremos a los resultados presentados en la **Tabla 4.2** para hacer el respectivo análisis, en este caso usaremos braquetes industriales con pantalla reflectora, haremos una iluminación más eficiente.

Del mismo modo, para una nueva iluminación los costos de inversión por adquisición e instalación para cada uno de los casos son: USD 4,232.00 para luminarias con balastos electromagnéticos y USD 5,184.00 para las luminarias con balasto

electrónico. Notamos que el costo de inversión es menos en ambos casos, ya que las luminarias son más eficientes y por consiguiente necesitamos menos unidades.

La diferencia entre ambas opciones es USD 952.00, es decir, si optamos por las luminarias con balasto electrónico debemos de invertir ese adicional a nuestro presupuesto inicial para lograr beneficios posteriores por ahorro de energía.

Del mismo modo que el caso anterior, se requieren menos luminarias si usamos balasto electrónico con lámparas fluorescentes de 36W/84 alta eficiencia, es algo que podemos concluir como punto importante.

Si consideramos el costo de operación para ambos casos, tenemos:

- Con balasto electromagnético y fluorescente 40W/54 es USD 5,956.08
- Con balasto electrónico y fluorescente 36W/84 es USD 3,448.22

El ahorro que podríamos es USD 2,507.86 anuales como ahorro de energía en el caso que optemos por balastos electrónicos con una inversión adicional de USD 952.00.

Ahora bien, si hacemos el mismo ejercicio de considerar que tenemos iluminado el ambiente con balastos electromagnéticos y fluorescentes de 40W/54 que me significaban anualmente un costo de operación de USD 5,956.08, renovar ese ambiente industrial me involucraría una inversión inicial de USD 3,448.22 si cambiamos a balasto electrónico y fluorescentes de 36W/84 de alta eficiencia permitiéndome un ahorro anual por operación de USD 2,507.86 dando como tiempo de recupero de capital, según la formula (4.2): $5,184.00 / 2,507.86 = 2.07$ años.

Considerar casi 2 años como recupero de capital es bastante bueno para cualquier inversión, más aún si tenemos en cuenta que una buena iluminación proporciona eficiencia en los empleados.

Nuevamente podemos decir que, ya sea como alternativa de solución para un proyecto nuevo o como renovación de iluminación, los balastos electrónicos me brindan una enorme ventaja económica sumado al uso de fluorescentes de 36W de alta eficiencia.

4.4.3 Análisis económico para el Caso III

Por último analizaremos el Caso III según los resultados presentados en la **Tabla 4.3**, en esta oportunidad nuestro proyecto usará luminarias herméticas al polvo y la humedad, convirtiendo a este espacio en algo más especial.

Para una nueva iluminación, los costos de inversión por adquisición e instalación son: USD 8,550.00 para luminarias con balastos electromagnéticos y USD 9,680.00 para las luminarias con balasto electrónico. En este caso, se requieren mayor número de luminarias que en los ejemplos anteriores, debido a que estas luminarias usan difusor de

policarbonato, haciendo un poco menos la eficiencia de la luminaria, pero con la ventaja de la hermeticidad.

La diferencia entre ambas opciones es USD 1,130.00, es decir, si optamos por las luminarias con balasto electrónico debemos de invertir ese adicional a nuestro presupuesto inicial para lograr beneficios posteriores por ahorro de energía.

Si consideramos el costo de operación para ambos casos, tenemos:

- Con balasto electromagnético y fluorescente 40W/54 es USD 7,283.25
- Con balasto electrónico y fluorescente 36W/84 es USD 4,214.50

El ahorro que podríamos es USD 3,068.75 anuales como ahorro de energía en el caso que optemos por balastos electrónicos con una inversión adicional de USD 1,130.00.

Como en los casos anteriores, consideramos que tenemos iluminado el ambiente con balastos electromagnéticos y fluorescentes de 40W/54 que me significaban anualmente un costo de operación de USD 7,283.25, renovar ese ambiente industrial me involucraría una inversión inicial de USD 9,680.00 si cambiamos a balasto electrónico y fluorescentes de 36W/84 de alta eficiencia permitiéndome un ahorro anual por operación de USD 3,068.75 dando como tiempo de recupero de capital, según la formula (4.2): $9,680.00 / 3,068.75 = 3.15$ años.

Para este caso, recuperamos nuestra inversión en 3.15 que sigue siendo beneficioso para nuestra inversión.

Como en los casos anteriores, ya sea como alternativa de solución para un proyecto nuevo o como renovación de iluminación, los balastos electrónicos me brindan una enorme ventaja económica sumado al uso de fluorescentes de 36W de alta eficiencia.

Lo que se ha querido mostrar con estos ejemplos es que la iluminación industrial tiene requerimientos importantes a considerar, pero algo que no debemos dejar de lado son los equipos más eficientes que siempre se deben de usar, hacer un análisis económico para determinar nuestra mejor opción y no tomar decisiones por la menor inversión inicial, que comúnmente no es la mejor opción.

Tabla N° 4.1 Análisis Económico de Inversión - Caso I

	Luminaria Braquete Industrial	Luminaria Braquete Industrial
DATOS BASICOS		
Area total (m2) =	1,000	1,000
Nivel de iluminación requerido =	500 lux	500 lux
Tipo de balasto =	Electromagnético	Electrónico
Tipo de lámpara =	40 W	36 W
Vida útil promedio de lámpara =	8000	16000
Hor. funcionamiento (12 hr x día) por año =	3120	3120
RESULTADOS DEL PROYECTO DE ILUMINACION		
Nivel de iluminancia promedio obtenido (Lux) =	517	512
Uniformidad =	0.70	0.70
Cantidad de luminarias =	256	198
Cantidad total de lámparas =	512	396
Potencia del sistema por luminaria (W) =	96.0	72.0
Potencia Total instalada (kW) (incluye pérdidas) =	24.58	14.26
INVERSION POR LUMINARIAS		
Costo de luminaria + lámpara (USD / Unid) =	8.00	20.00
Cantidad luminarias (Unid) =	256	198
Costo total inversión inicial equipos USD =	2048.00	3960.00
INVERSION POR INSTALACIÓN		
Cantidad luminarias (Unid) =	256	198
Materiales + mano de obra de Instalación por punto (USD) =	10.00	10.00
Costo total inversión instalación USD =	2560.00	1980.00
Total inversión inicial USD =	4608.00	5940.00
COSTO DE OPERACIÓN ANUAL		
CONSUMO DE ENERGIA		
Consumo de energía eléctrica por luminaria (kWh/año) =	299.52	224.64
Costo energía eléctrica promedio (USc\$/kWh) =	10	10
Gasto Total por energía eléctrica (USD/año) =	7667.71	4447.87
REPOSICION DE LAMPARAS		
Número de veces de cambio/año (unidad) =	0.39	0.20
Cant. de lámp.a cambiar en un año funcionamiento =	200	77
Costo de lámparas (USD / unid.) =	1.1	1.8
Gasto por reposición de lámp. (USD/año) =	219.65	139.00
MANO DE OBRA POR CAMBIO DE LÁMPARA		
Cant. de lámp.a cambiar en un año funcionamiento =	200	77
Mano de obra por cambio de lámpara (USD) =	2.00	2.00
Costo por cambio de lámparas (USD/año) =	399.36	154.44
Total de gastos por operación (USD/año) =	8286.72	4741.31

No incluye el IGV

	Luminaria Braquete Industrial con pantalla reflectora	Luminaria Braquete Industrial con pantalla reflectora
DATOS BASICOS		
Area total (m2) =	1,000	1,000
Nivel de iluminación requerido =	500 lux	500 lux
Tipo de balasto =	Electromagnético	Electrónico
Tipo de lámpara =	40 W	36 W
Vida útil promedio de lámpara =	8000	16000
Hor. funcionamiento (12 hr x día) por año =	3120	3120
RESULTADOS DEL PROYECTO DE ILUMINACION		
Nivel de iluminancia promedio obtenido (Lux) =	500	501
Uniformidad =	0.66	0.67
Cantidad de luminarias =	184	144
Cantidad total de lámparas =	368	288
Potencia del sistema por luminaria (W) =	96.0	72.0
Potencia Total instalada (kW) (incluye pérdidas) =	17.66	10.37
INVERSION POR LUMINARIAS		
Costo de luminaria + lámpara (USD / Unid) =	13.00	26.00
Cantidad luminarias (Unid) =	184	144
Costo total inversión inicial equipos USD =	2392.00	3744.00
INVERSION POR INSTALACIÓN		
Cantidad luminarias (Unid) =	184	144
Materiales + mano de obra de Instalación por punto (USD) =	10.00	10.00
Costo total inversión instalación USD =	1840.00	1440.00
Total Inversión Inicial USD =	4232.00	5184.00
COSTO DE OPERACIÓN ANUAL		
CONSUMO DE ENERGIA		
Consumo de energía eléctrica por luminaria (kWh/año) =	299.52	224.64
Costo energía eléctrica promedio (USC\$/kWh) =	10	10
Gasto Total por energía eléctrica (USD/año) =	5511.17	3234.82
REPOSICION DE LAMPARAS		
Número de veces de cambio/año (unidad) =	0.39	0.20
Cant. de lámp.a cambiar en un año funcionamiento =	144	56
Costo de lámparas (USD / unid.) =	1.1	1.8
Gasto por reposición de lámp. (USD/año) =	157.87	101.09
MANO DE OBRA POR CAMBIO DE LAMPARA		
Cant. de lámp.a cambiar en un año funcionamiento =	144	56
Mano de obra por cambio de lámpara (USD) =	2.00	2.00
Costo por cambio de lámparas (USD/año) =	287.04	112.32
Total de gastos por operación (USD/año) =	5956.08	3448.22

No incluye el IGV

Tabla N° 4.3 Análisis Económico de Inversión - Caso III

	Luminaria Hermética Industrial	Luminaria Hermética Industrial
DATOS BASICOS		
Area total (m2) =	1,000	1,000
Nivel de iluminación requerido =	500 lux	500 lux
Tipo de balasto =	Electromagnético	Electrónico
Tipo de lámpara =	40 W	36 W
Vida útil promedio de lámpara =	8000	16000
Hor. funcionamiento (12 hr x día) por año =	3120	3120
RESULTADOS DEL PROYECTO DE ILUMINACION		
Nivel de iluminancia promedio obtenido (Lux) =	500	503
Uniformidad =	0.60	0.61
Cantidad de luminarias =	225	176
Cantidad total de lámparas =	450	352
Potencia del sistema por luminaria (W) =	96.0	72.0
Potencia Total instalada (kW) (incluye pérdidas) =	21.60	12.67
INVERSION POR LUMINARIAS		
Costo de luminaria + lámpara (USD / Unid) =	28.00	45.00
Cantidad luminarias (Unid) =	225	176
Costo total inversión inicial equipos USD =	6300.00	7920.00
INVERSION POR INSTALACIÓN		
Cantidad luminarias (Unid) =	225	176
Materiales + mano de obra de Instalación por punto (USD) =	10.00	10.00
Costo total inversión instalación USD =	2250.00	1760.00
Total inversión inicial USD =	8550.00	9680.00
COSTO DE OPERACIÓN ANUAL		
CONSUMO DE ENERGIA		
Consumo de energía eléctrica por luminaria (kWh/año) =	299.52	224.64
Costo energía eléctrica promedio (USc\$/kWh) =	10	10
Gasto Total por energía eléctrica (USD/año) =	6739.20	3953.66
REPOSICION DE LAMPARAS		
Número de veces de cambio/año (unidad) =	0.39	0.20
Cant. de lámp.a cambiar en un año funcionamiento =	176	69
Costo de lámparas (USD / unid.) =	1.1	1.8
Gasto por reposición de lámp. (USD/año) =	193.05	123.55
MANO DE OBRA POR CAMBIO DE LAMPARA		
Cant. de lámp.a cambiar en un año funcionamiento =	176	69
Mano de obra por cambio de lámpara (USD) =	2.00	2.00
Costo por cambio de lámparas (USD/año) =	351.00	137.28
Total de gastos por operación (USD/año) =	7283.25	4214.50

No incluye el IGV

CONCLUSIONES

1. En la iluminación industrial se deben de tener siempre presente los requerimientos visuales para el trabajo a desarrollar. Como se ha podido desarrollar en este informe, antes de definir el sistema de iluminación a utilizar, se debe de considerar los niveles de iluminación, uniformidad, tipo de lámpara según condiciones estructurales del espacio y posteriormente hacer el análisis luminotécnico.
2. En nuestros cálculos de iluminación en base al programa Calculux, se ha podido comparar las dos alternativas de sistema de encendido (electromagnético y electrónico) dando siempre como ventajas al balasto electrónico. Es importante mencionar, que los balastos electrónicos deben ser operados con fluorescentes de alta eficiencia (última generación) para así lograr sus máximos beneficios, de nada valdría tener un equipo de iluminación que usa balasto electrónico con lámpara fluorescente que no brinde una alta eficiencia.
3. Una de las ventajas de usar balastos electrónicos es el costo por mantenimiento, un proyecto con estos balastos y lámparas fluorescentes de alta eficiencia, requerirán para un proyecto de iluminación menor cantidad de luminarias, por lo que el mantenimiento se reduce al contar con menos puntos de luz.
4. Con respecto a la seguridad para el personal que labora en una industria, es siempre un peligro el efecto estroboscópico que se produce por objetos en movimiento que entran en resonancia con la frecuencia de red (60 Hz). Esto se puede evitar usando equipos electrónicos que trabajan en alta frecuencia , como es el caso de los balastos electrónicos que trabajan en niveles alto de frecuencia, ellos están alrededor de los 45kHz.
5. El presente trabajo comprueba como se puede utilizar lámparas fluorescentes de alta eficiencia en espacios de hasta 6m de altura y por consecuencia el uso de los balastos electrónicos. Es importante notar que cuando se usan pantallas reflectoras se mejora la iluminación y por ende se requiere menor número de luminarias. Es recomendable que, en ambientes altos, se use pantallas reflectoras para una mejor distribución de la luz hacia las zonas de trabajo.

6. Con respecto al análisis económico, se hace un simple recupero del capital (payback) considerando los beneficios anuales por ahorro de energía. Para una mejor información financiera, se podría hacer una actualización al tiempo actual de los diferentes ahorros anuales y para esto se deberá considerar el costo de oportunidad del dinero (interés) y luego actualizarlo. Este método es usado cuando los tiempos de recupero son bastantes largos, como por ejemplo 5 años. Para nuestros casos planteados el tiempo de recupero de capital ha sido de casi de 3 años.

7. En ambos casos, proyecto nuevo o renovación de la iluminación industrial los balastos electrónicos han demostrado que se necesitan menor puntos de luz para conseguir los mismos niveles de iluminación. Un punto importante de los balastos electrónicos cuando los usamos con fluorescentes de alta eficiencia (se recomienda hacerlo siempre así) es el mejoramiento del tiempo de vida de las lámparas, ya que el encendido se realiza de forma atenuada sin producir altos picos de tensión en los electrodos, como sí sucede con los balastos convencionales.

ANEXOS

ANEXO A

CASO I

Date:

11-11-2005

Description:

Características del proyecto:

Area = 1,000 m² Nivel de iluminación requerido = 500 lux

Luminaria = Braquete Industrial con Balasto Electromagnético
sin pantalla reflectora.

Lámpara = Lámpara fluorescente de 40W

The nominal values shown in this report are the result of precision calculations, based upon precisely positioned luminaires in a fixed relationship to each other and to the area under examination. In practice the values may vary due to tolerances on luminaires, luminaire positioning, reflection properties and electrical supply.

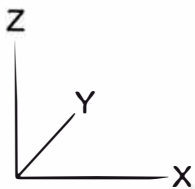
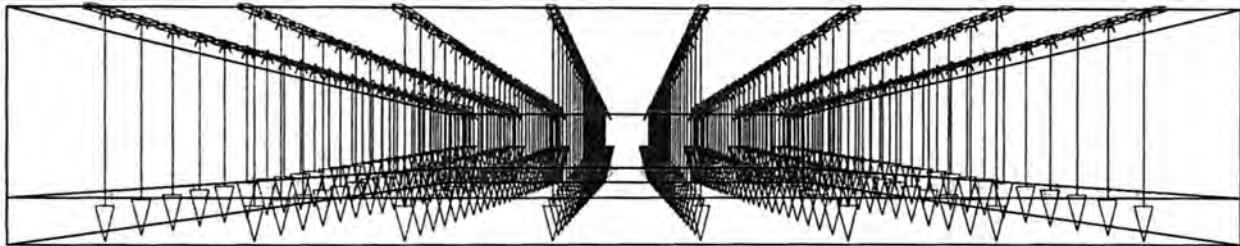
Table of Contents


39

1.	Project Description	3
1.1	3-D Project Overview	3
1.2	Top Project Overview	4
1.3	Right Project Overview	5
2.	Summary	6
2.1	Room Summary	6
2.2	Project Luminaires	6
2.3	Calculation Results	6
3.	Calculation Results	7
3.1	Plano de trabajo: Textual Table	7
3.2	Plano de trabajo: Graphical Table	8
3.3	Plano de trabajo: Iso Contour	9
4.	Luminaire Details	10
4.1	Project Luminaires	10

1. Project Description

1.1 3-D Project Overview



A  TMS022/236

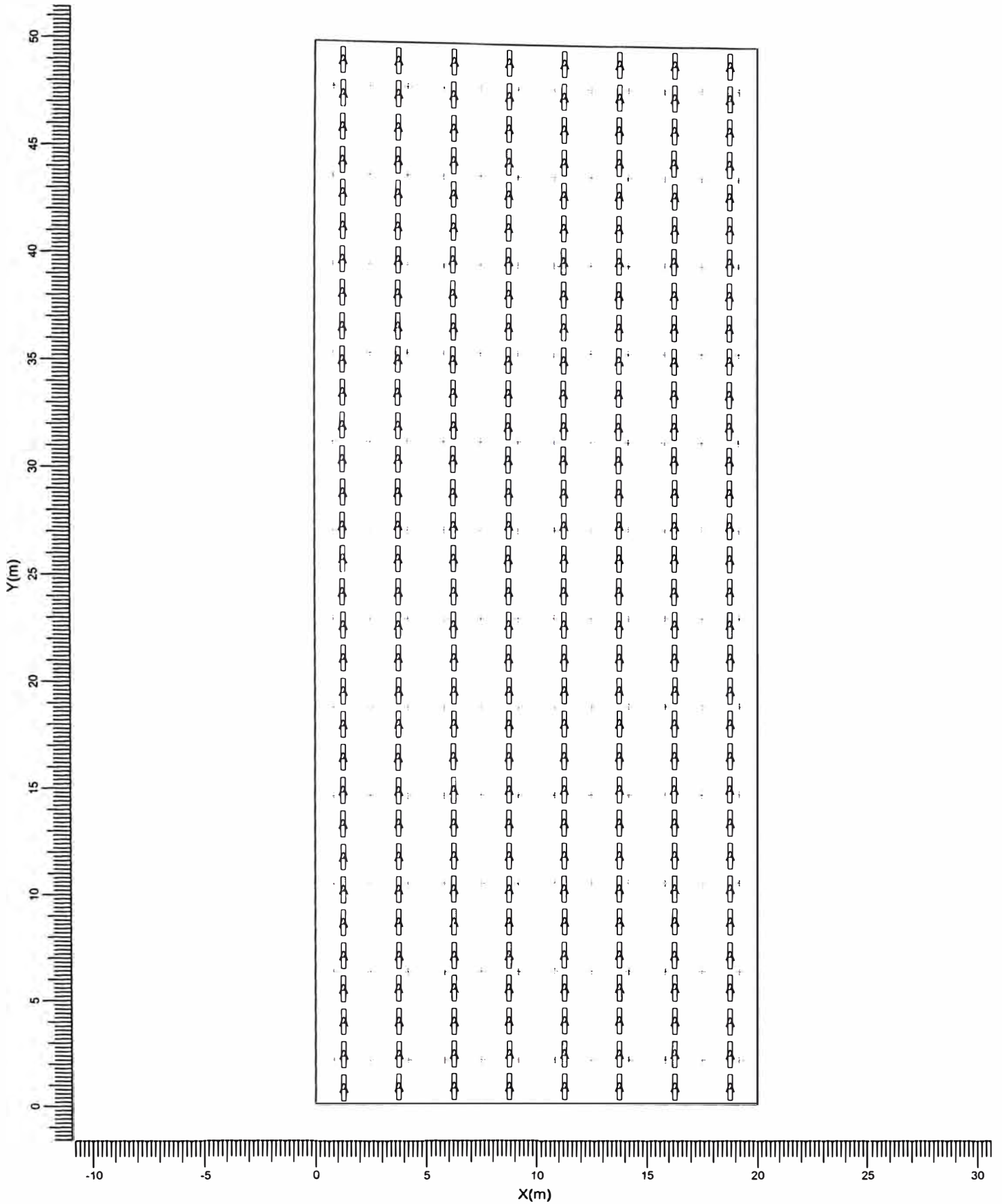
Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

1.2 Top Project Overview



A  TMS022/236

Width
20.00 m

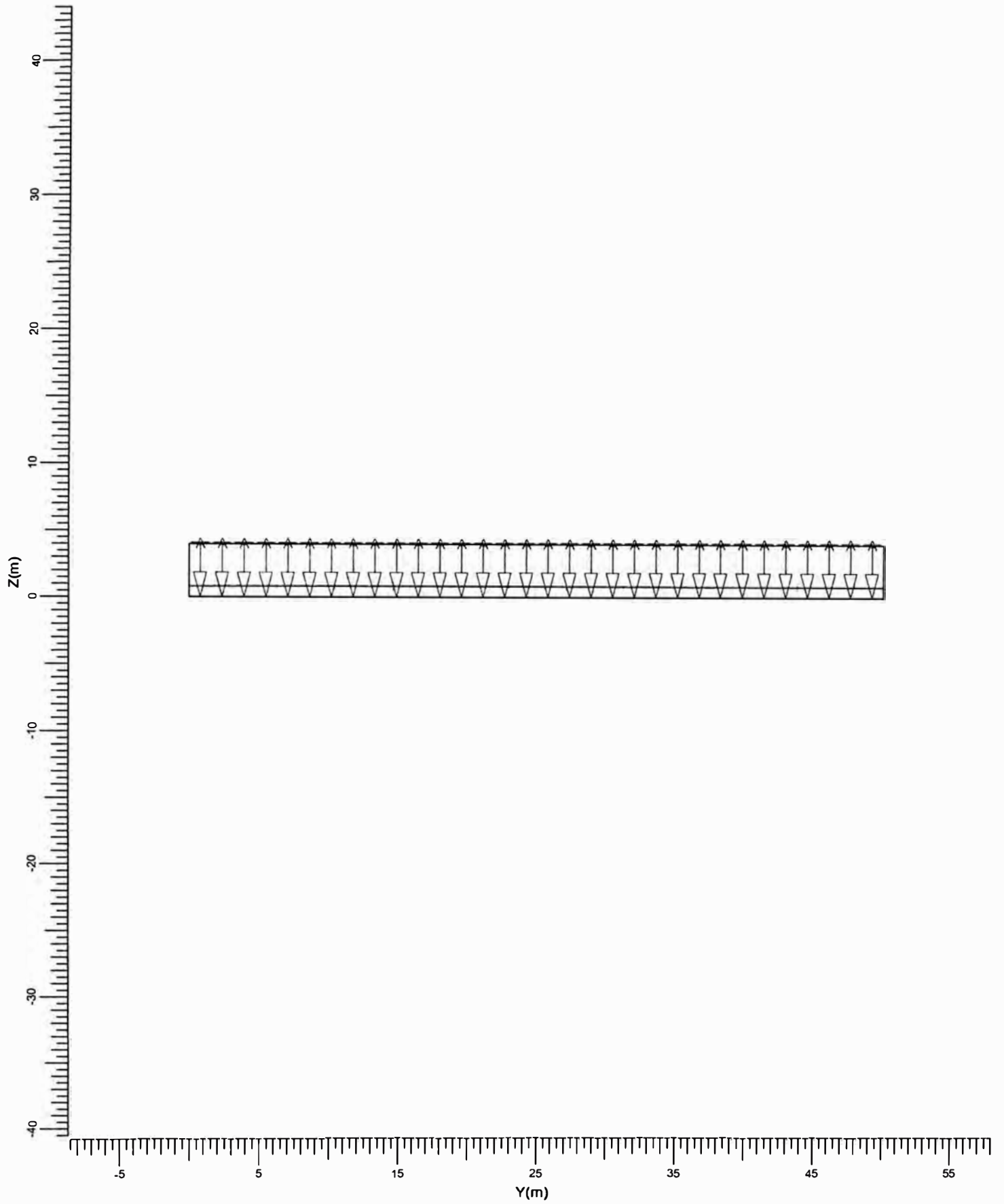
Length
50.00 m

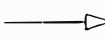
Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:250

1.3 Right Project Overview



A  TMS022/236

Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:400

2. Summary

43

2.1 Room Summary

Room Dimensions

Width	20.00	m
Length	50.00	m
Height	4.00	m
Working Plane Height	0.80	m

Surface

Surface	Reflectance
Ceiling	0.50
Left Wall	0.30
Right Wall	0.30
Front Wall	0.30
Back Wall	0.30
Floor	0.10

Room Position (Front Bottom Left)

X	0.00	m
Y	0.00	m

Total Average Room Surface Luminance (cd/m²):

Ceiling	Left	Right	Front	Back	Floor
11.0	46.5	46.5	32.6	31.8	15.5

Unified Glare Rating (CIE): 31

The overall maintenance factor used for this project is 0.85.

2.2 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
A	256	TMS022/236	2 * TL 40W	96.0	2 * 2500

The total installed power: 24.58 (kWatt)

Number of Luminaires Per Arrangement:

Arrangement	Luminaire Code	Power (kWatt)
Room Block	A 256	24.58

2.3 Calculation Results

(II)luminance Calculations:

Calculation	Type	Unit	Ave	Min/Ave	Min/Max	Result
Plano de trabajo	Surface Illuminance	lux	517	0.70	0.62	Total

3. Calculation Results

44

3.1 Plano de trabajo: Textual Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total

X (m)	0.83	2.50	4.16	5.83	7.50	9.17	10.83	12.50	14.17	15.84	17.50	19.17	
Y (m)	47.92	362<	413	448	465	469	478	478	469	465	448	413	362
	43.75*	426	484	526	547	552	564	564	552	547	526	484	426
	39.59	440	499	541	562	568	579	579	568	562	541	499	440
	35.42	445	504	545	566	572	584	584	572	566	545	504	445
	31.25	448	506	547	568	574	586	586	574	568	547	506	448
	27.08	448	507	548	569	575	586	586	575	569	548	507	448
	22.92	448	506	548	569	575	586>	586>	575	569	548	506	448
	18.75	447	506	547	568	574	585	585	574	568	547	506	447
	14.58	445	504	545	566	573	584	584	573	566	545	504	445
	10.41	440	499	541	562	568	579	579	568	562	541	499	440
	6.25	427	485	527	547	553	564	564	553	547	527	485	427
	2.08	366	417	452	469	474	483	483	474	469	452	417	366

Average
517

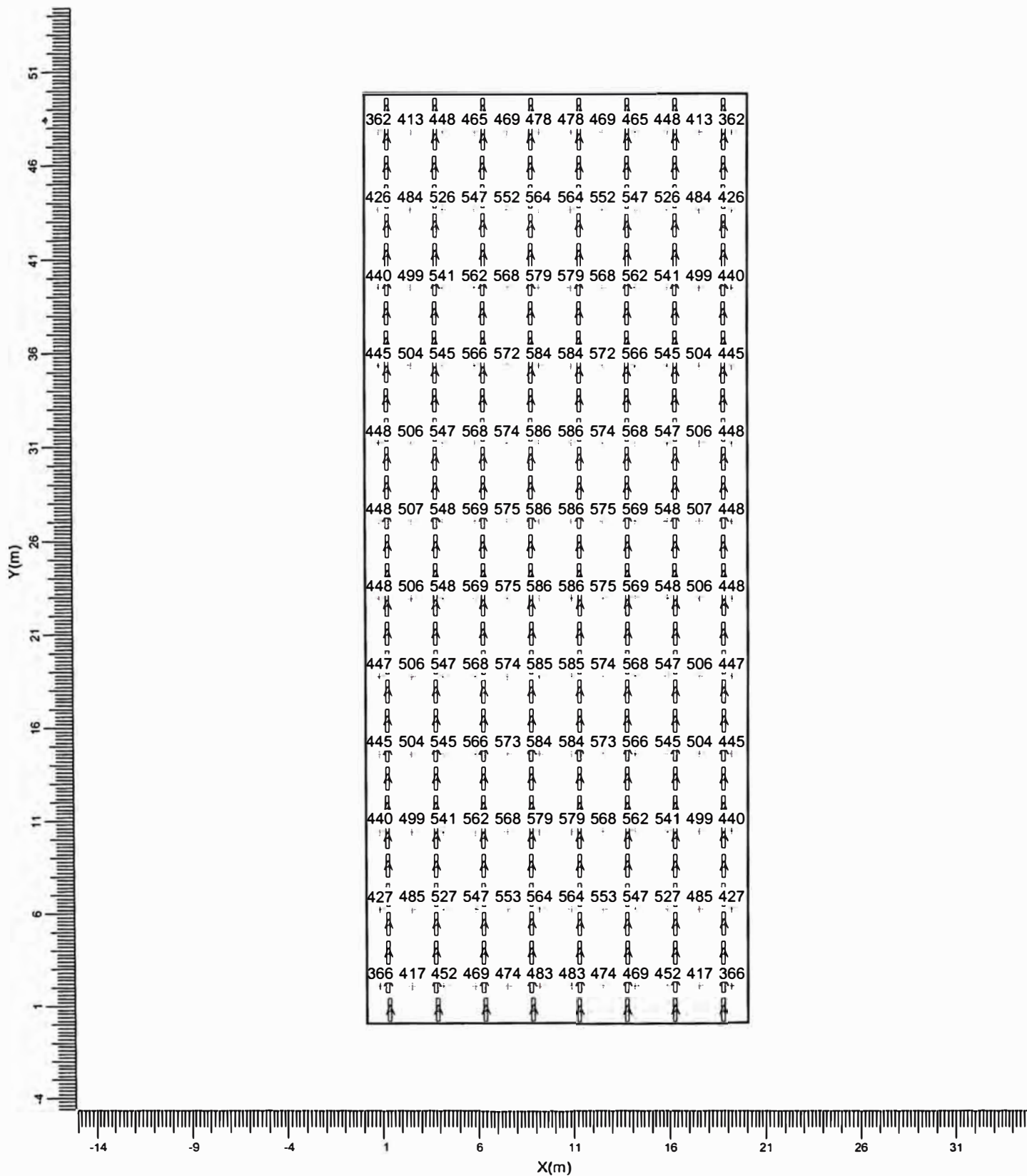
Min/Ave
0.70

Min/Max
0.62

Project maintenance factor
0.85

3.2 Plano de trabajo: Graphical Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



A ———> TMS022/236

Average
517

Min/Ave
0.70

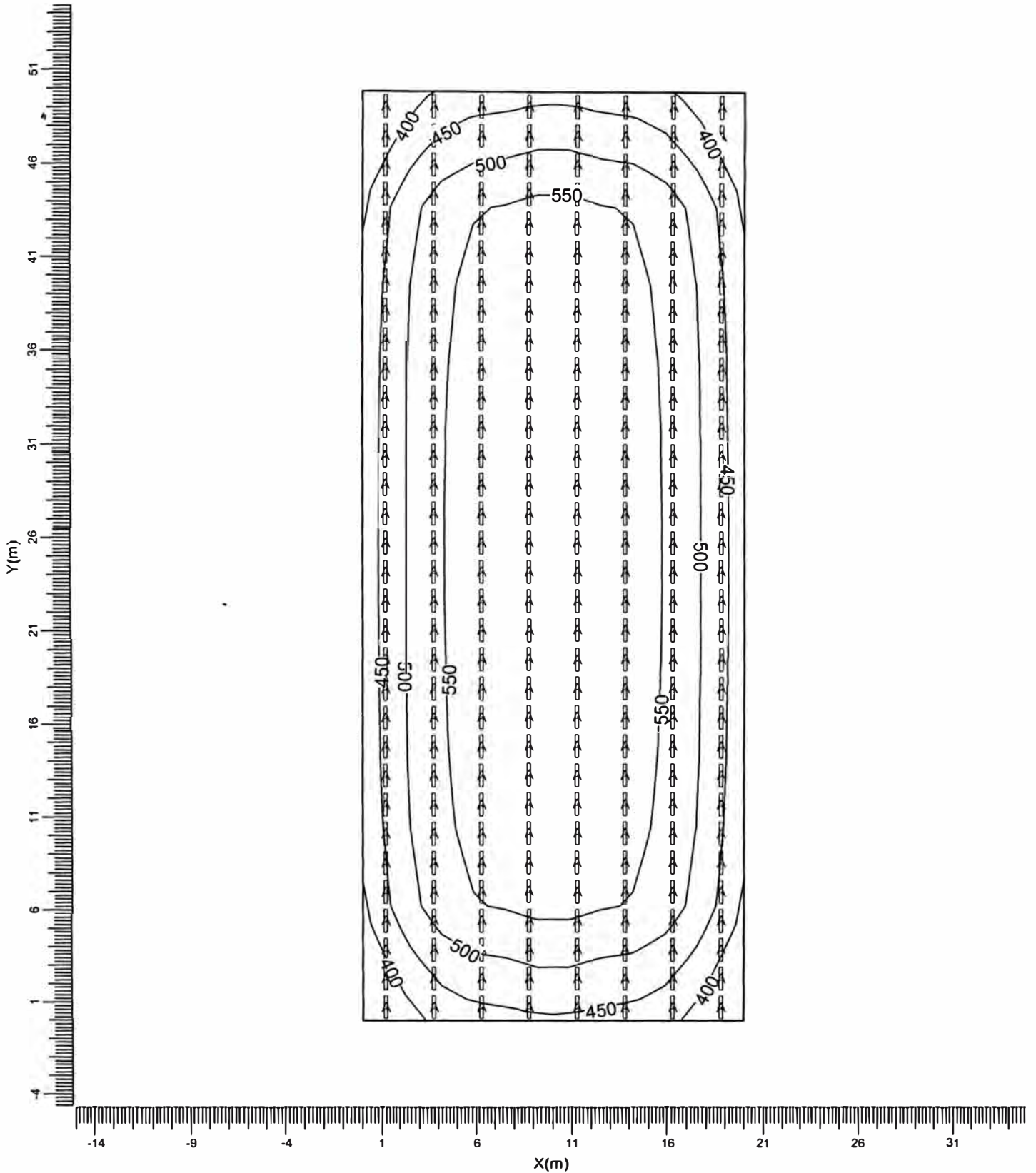
Min/Max
0.62

Project maintenance factor
0.85

Scale
1:300

3.3 Plano de trabajo: Iso Contour

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



A TMS022/236

Average
517

Min/Ave
0.70

Min/Max
0.62

Project maintenance factor
0.85

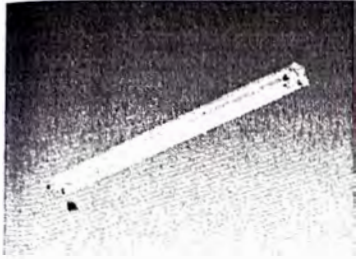
Scale
1:300

4. Luminaire Details

47

4.1 Project Luminaires

TMS022/236 2xTL 40W/54



Light output ratios

DLOR : 0.59
 ULOR : 0.35
 TLOR : 0.94

Ballast : Standard

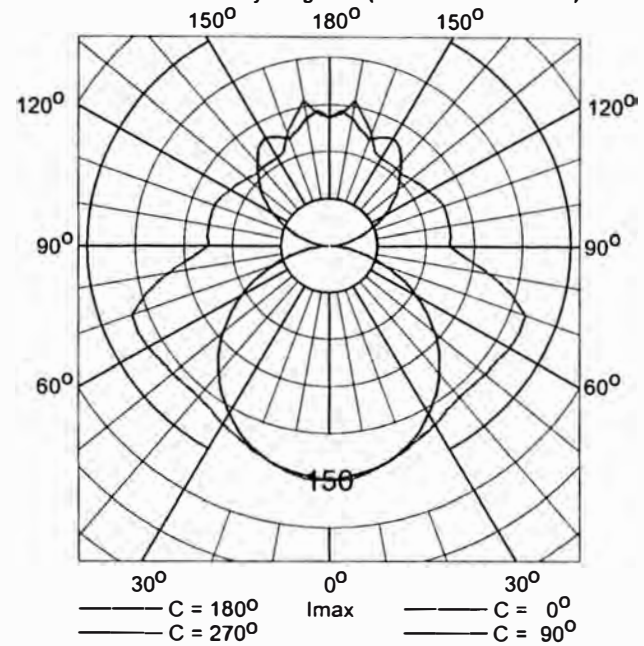
Lamp flux : 2500 lm

Luminaire wattage : 96.0 W

Measurement code : LVN7779000

Note: This luminaire is a special version of the mentioned measurement code.

Luminous Intensity Diagram (candela/1000 lumen)



Alternativa al CASO I

Date: 11-11-2005

Description: Características del proyecto:

Area = 1,000 m² Nivel de iluminación requerido = 500 lux

Luminaria = Braquete Industrial con Balasto Electrónico
sin pantalla reflectora

Lámpara = Lámpara fluorescente de 36W de alta eficiencia

The nominal values shown in this report are the result of precision calculations, based upon precisely positioned luminaires in a fixed relationship to each other and to the area under examination. In practice the values may vary due to tolerances on luminaires, luminaire positioning, reflection properties and electrical supply.

Table of Contents

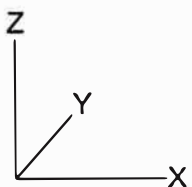
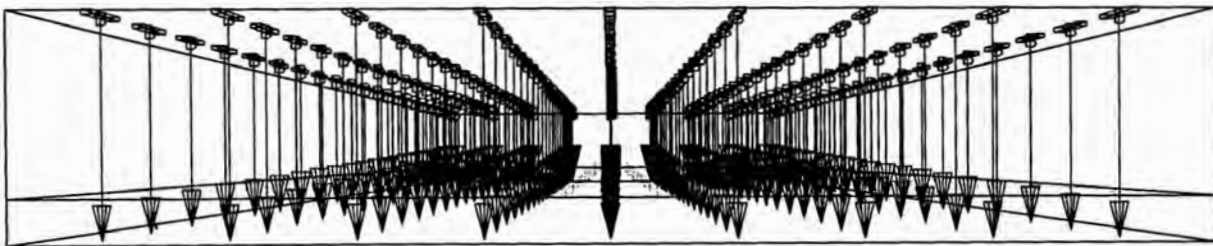
49

1.	Project Description	3
1.1	3-D Project Overview	3
1.2	Top Project Overview	4
1.3	Right Project Overview	5
2.	Summary	6
2.1	Room Summary	6
2.2	Project Luminaires	6
2.3	Calculation Results	6
3.	Calculation Results	7
3.1	Plano de trabajo: Textual Table	7
3.2	Plano de trabajo: Graphical Table	8
3.3	Plano de trabajo: Iso Contour	9
4.	Luminaire Details	10
4.1	Project Luminaires	10

1. Project Description

50

1.1 3-D Project Overview



B TMS022/236

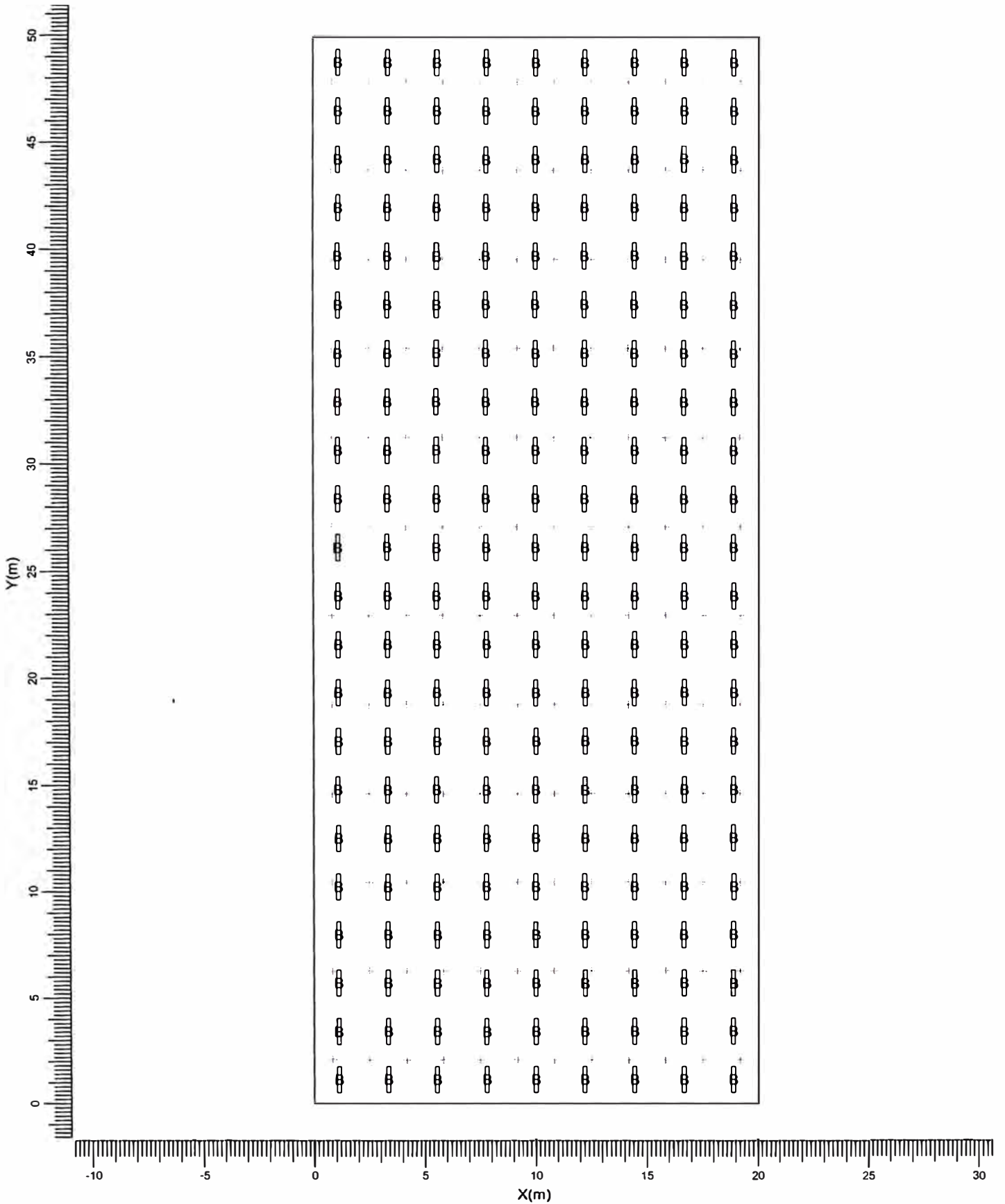
Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

1.2 Top Project Overview



B TMS022/236

Width
20.00 m

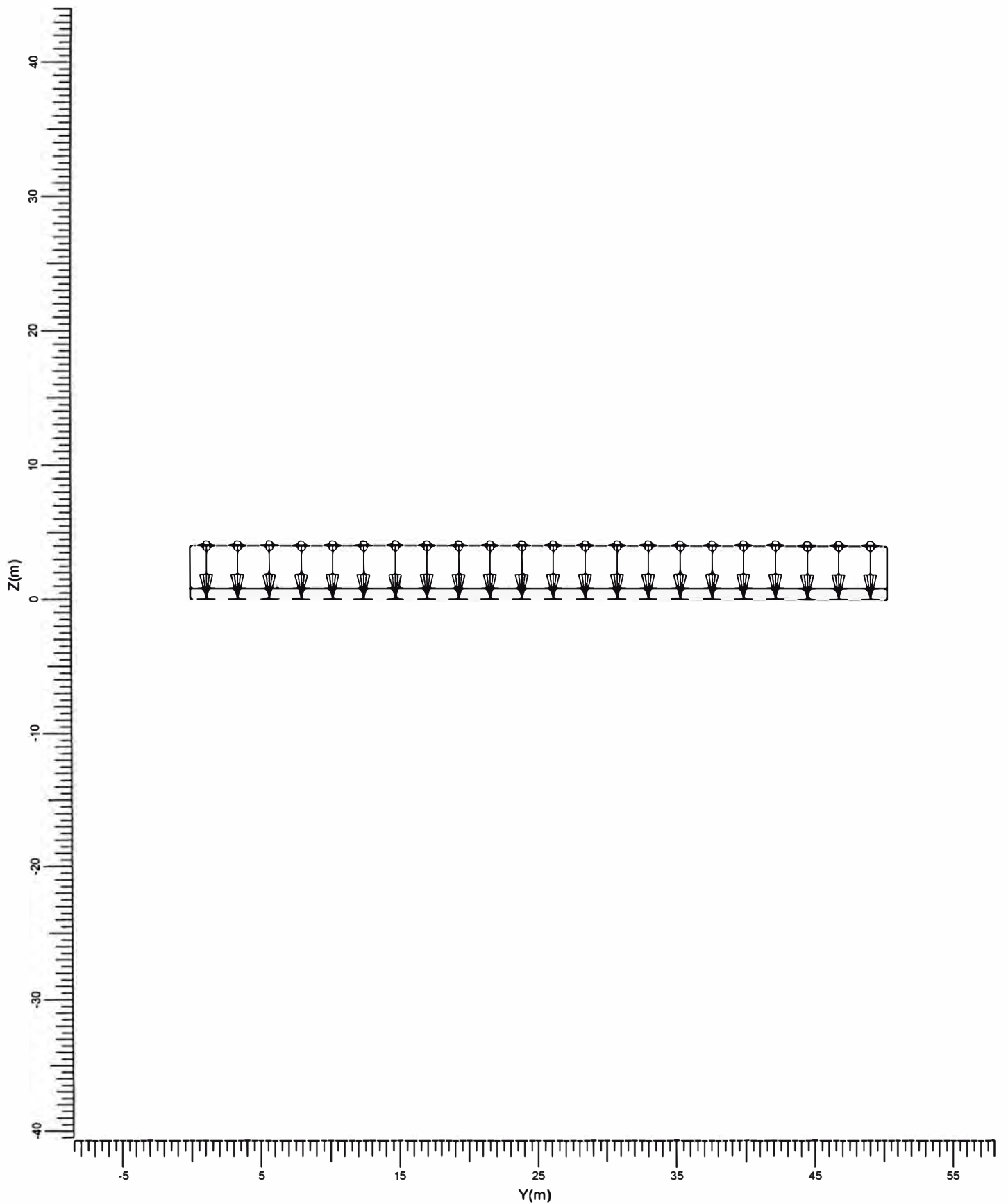
Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:250

1.3 Right Project Overview



B ———▶ TMS022/236

Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:400

2. Summary

53

2.1 Room Summary

Room Dimensions			Surface	Reflectance
Width	20.00	m	Ceiling	0.50
Length	50.00	m	Left Wall	0.30
Height	4.00	m	Right Wall	0.30
Working Plane Height	0.80	m	Front Wall	0.30
			Back Wall	0.30
			Floor	0.10

Room Position (Front Bottom Left)

X	0.00	m
Y	0.00	m

Total Average Room Surface Luminance (cd/m²):

Ceiling	Left	Right	Front	Back	Floor
10.9	46.2	46.1	31.6	31.2	15.4

Unified Glare Rating (CIE): 32

The overall maintenance factor used for this project is 0.85.

2.2 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
B	198	TMS022/236	2 * TL-D36W	72.0	2 * 3200

The total installed power: 14.26 (kWatt)

Number of Luminaires Per Arrangement:

Arrangement	Luminaire Code	Power (kWatt)
Room Block	B 198	14.26

2.3 Calculation Results

(II)luminance Calculations:

Calculation	Type	Unit	Ave	Min/Ave	Min/Max	Result
Plano de trabajo	Surface Illuminance	lux	512	0.70	0.62	Total

3. Calculation Results

3.1 Plano de trabajo: Textual Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total

X (m)	0.83	2.50	4.16	5.83	7.50	9.17	10.83	12.50	14.17	15.84	17.50	19.17	
Y (m)	47.92	360	413	443	463	472	473	473	472	463	443	412	358<
	43.75	421	482	518	542	553	555	555	553	541	517	481	419
	39.59	435	496	532	557	568	571	571	568	556	532	495	433
	35.42	440	501	537	561	573	575	575	572	561	536	500	438
	31.25	442	502	538	562	574	576	576	573	562	538	501	440
	27.08	442	502	538	562	574	576	576	574	562	538	502	440
	22.92	442	503	538	562	574	576>	576	574	562	538	502	440
	18.75	442	502	538	562	574	576	576	574	562	538	501	440
	14.58	440	501	537	561	573	575	575	573	561	536	500	438
	10.41	435	496	532	557	568	571	571	568	556	532	495	433
	6.25	421	482	518	542	553	555	555	553	542	518	481	420
	2.08	362	415	446	466	475	476	476	475	465	445	415	360

Average
512

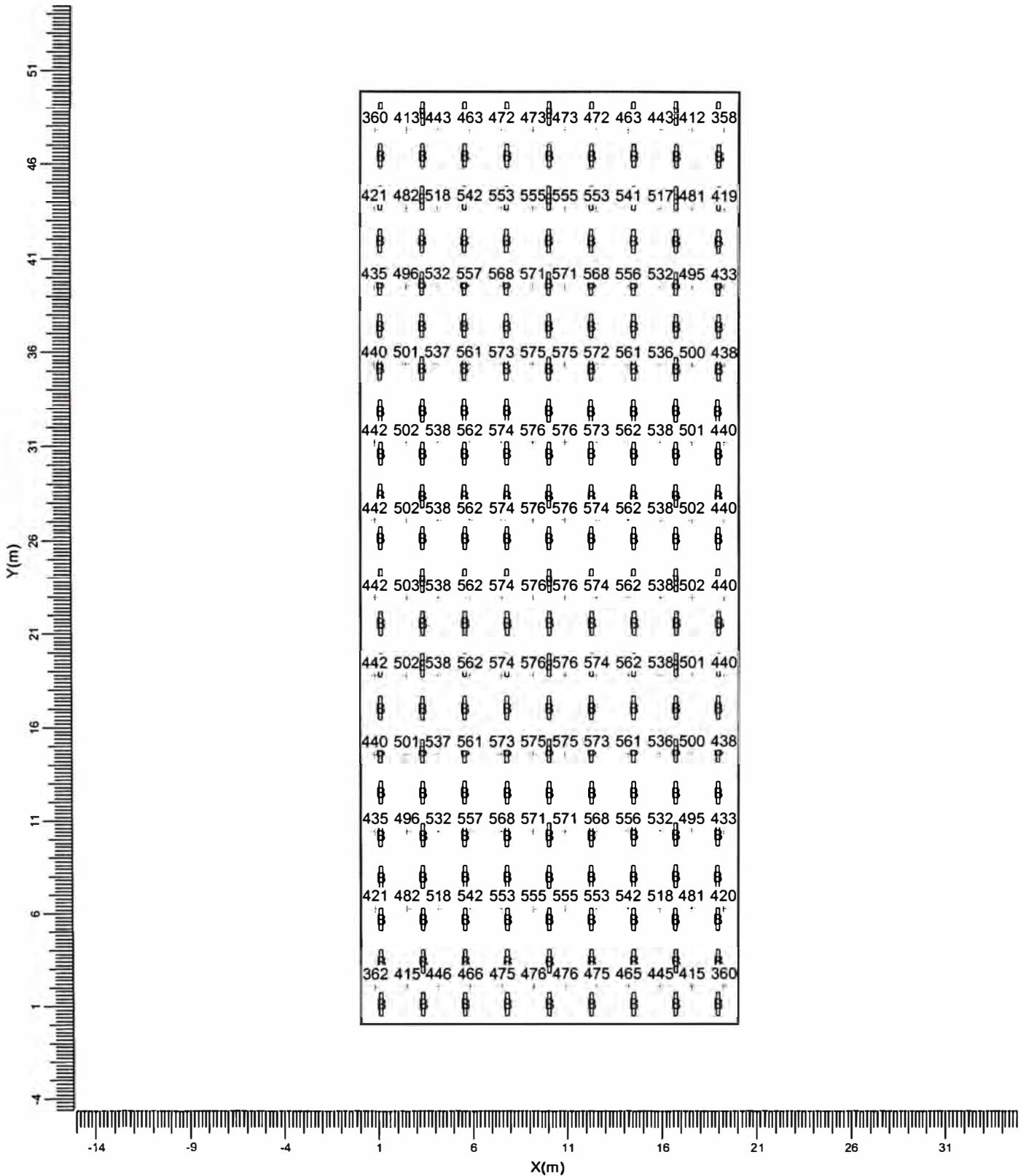
Min/Ave
0.70

Min/Max
0.62

Project maintenance factor
0.85

3.2 Plano de trabajo: Graphical Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total

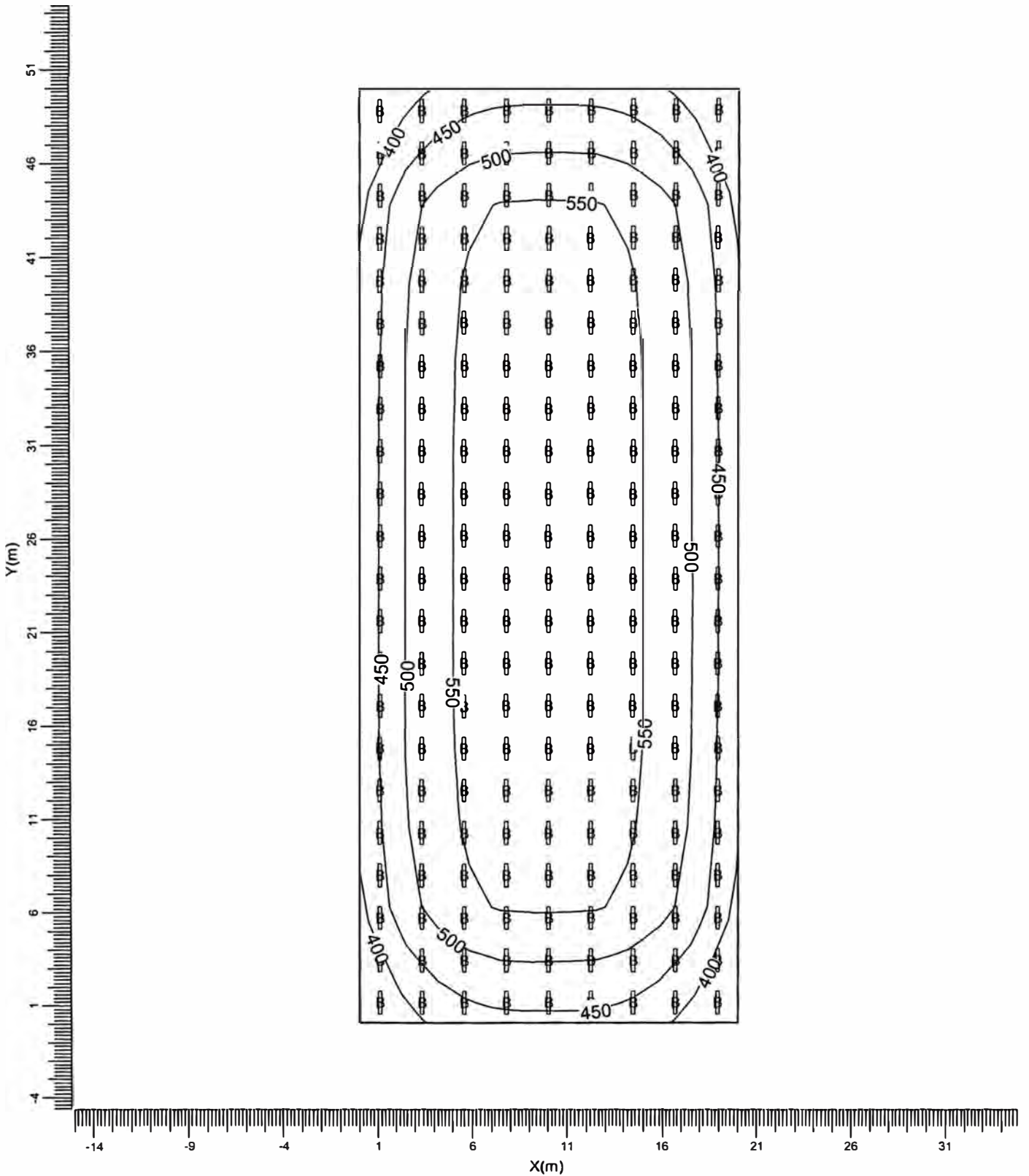


B → TMS022/236

Average 512 Min/Ave 0.70 Min/Max 0.62 Project maintenance factor 0.85 Scale 1:300

3.3 Plano de trabajo: Iso Contour

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



B → TMS022/236

Average
512

Min/Ave
0.70

Min/Max
0.62

Project maintenance factor
0.85

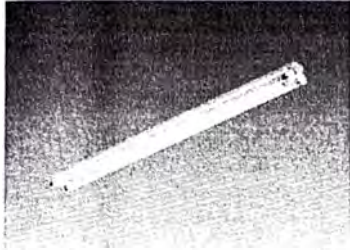
Scale
1:300

4. Luminaire Details

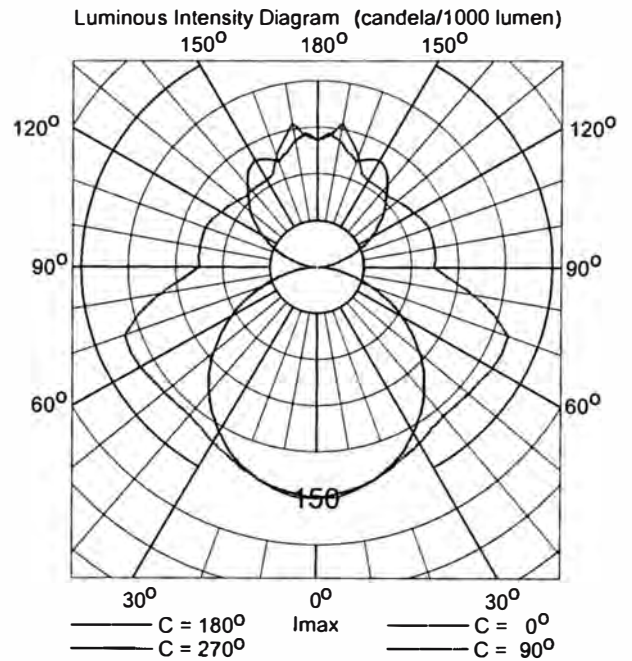
57

4.1 Project Luminaires

TMS022/236 2xTL-D36W/840



Light output ratios	
DLOR	: 0.59
ULOR	: 0.35
TLOR	: 0.94
Ballast	: Electronic
Lamp flux	: 3200 lm
Luminaire wattage	: 72.0 W
Measurement code	: LVN7779000



CASO II

Date: 11-11-2005

Description: Características del proyecto:

Area = 1,000 m² Nivel de Iluminación requerido = 500 lux

Luminaria = Braquete Industrial con Balasto Electromagnético
con pantalla reflectora

Lámpara = Lámpara fluorescente de 40W

The nominal values shown in this report are the result of precision calculations, based upon precisely positioned luminaires in a fixed relationship to each other and to the area under examination. In practice the values may vary due to tolerances on luminaires, luminaire positioning, reflection properties and electrical supply.

Table of Contents

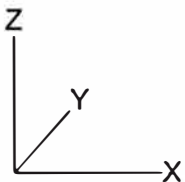
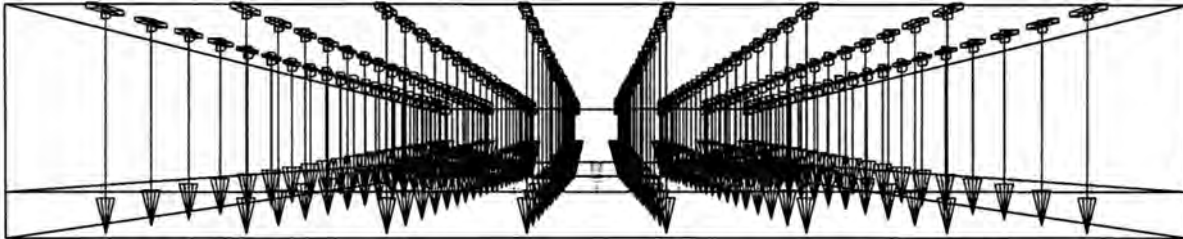
59

1.	Project Description	3
1.1	3-D Project Overview	3
1.2	Top Project Overview	4
2.	Summary	5
2.1	Room Summary	5
2.2	Project Luminaires	5
2.3	Calculation Results	5
3.	Calculation Results	6
3.1	Plano de trabajo: Textual Table	6
3.2	Plano de trabajo: Graphical Table	8
3.3	Plano de trabajo: Iso Contour	9
4.	Luminaire Details	10
4.1	Project Luminaires	10

1. Project Description

60

1.1 3-D Project Overview



B → TMS022/236 GMS 022 R

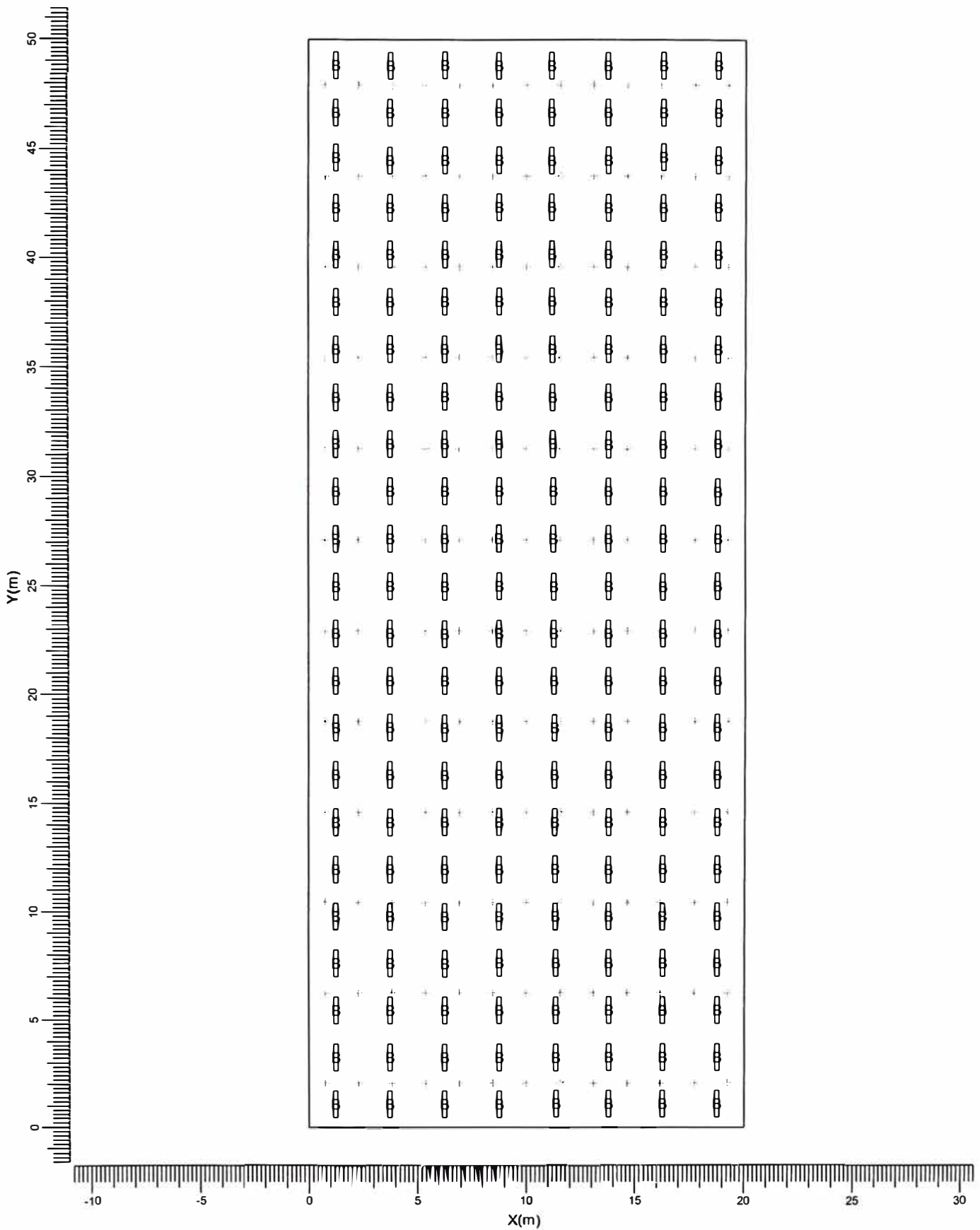
Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

1.2 Top Project Overview



B  TMS022/236 GMS 022 R

Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:250

2. Summary

62

2.1 Room Summary

Room Dimensions			Surface	Reflectance
Width	20.00	m	Ceiling	0.50
Length	50.00	m	Left Wall	0.30
Height	4.00	m	Right Wall	0.30
Working Plane Height	0.80	m	Front Wall	0.30
			Back Wall	0.30
			Floor	0.10

Room Position (Front Bottom Left)

X	0.00	m
Y	0.00	m

Total Average Room Surface Luminance (cd/m2):

Ceiling	Left	Right	Front	Back	Floor
8.8	24.5	24.5	24.5	23.9	15.2

Unified Glare Rating (CIE): 27

The overall maintenance factor used for this project is 0.85.

2.2 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
B	184	TMS022/236 GMS 022 R	2 * TL 40W	96.0	2 * 2500

The total installed power: 17.66 (kWatt)

Number of Luminaires Per Arrangement:

Arrangement	Luminaire Code	Power (kWatt)
Room Block	B 184	17.66

2.3 Calculation Results

(II)luminance Calculations:

Calculation	Type	Unit	Ave	Min/Ave	Min/Max	Result
Plano de trabajo	Surface Illuminance	lux	500	0.66	0.58	Total

3. Calculation Results

63

3.1 Plano de trabajo: Textual Table

Grid Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total

X (m)	0.77	2.31	3.85	5.38	6.92	8.46	10.00	11.54	13.08	14.61	16.15	17.69	
Y (m)	47.92	328<	398	438	449	458	465	462	465	458	449	438	398
	43.75	384	467	516	529	540	549	546	549	540	529	516	467
	39.59	394	478	528	543	554	563	560	563	554	543	528	478
	35.42	397	482	532	546	558	567	564	567	558	546	532	482
	31.25	398	483	533	548	559	569	565	569	559	548	533	483
	27.08	400	483	534	549	560	569	565	569	560	549	534	483
	22.92	400	483	534	548	560	570>	565	570	560	548	534	483
	18.75	398	483	533	548	559	569	565	569	559	548	533	483
	14.58	397	481	532	546	558	567	564	567	558	546	532	481
	10.41	394	478	528	543	554	563	560	563	554	543	528	478
	6.25	385	467	516	530	541	550	547	550	541	530	516	467
	2.08	331	402	442	453	462	470	467	470	462	453	442	402

Continue >

Average
500Min/Ave
0.66Min/Max
0.58Project maintenance factor
0.85

< Continue

64

Grid
 Calculation
 Result Type

Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Surface Illuminance (lux)
 Total

X (m)	19.23
Y (m)	
47.92	328
43.75	384
39.59	394
35.42	397
31.25	398
27.08	400
22.92	400
18.75	398
14.58	397
10.41	394
6.25	385
2.08	331

Average
500

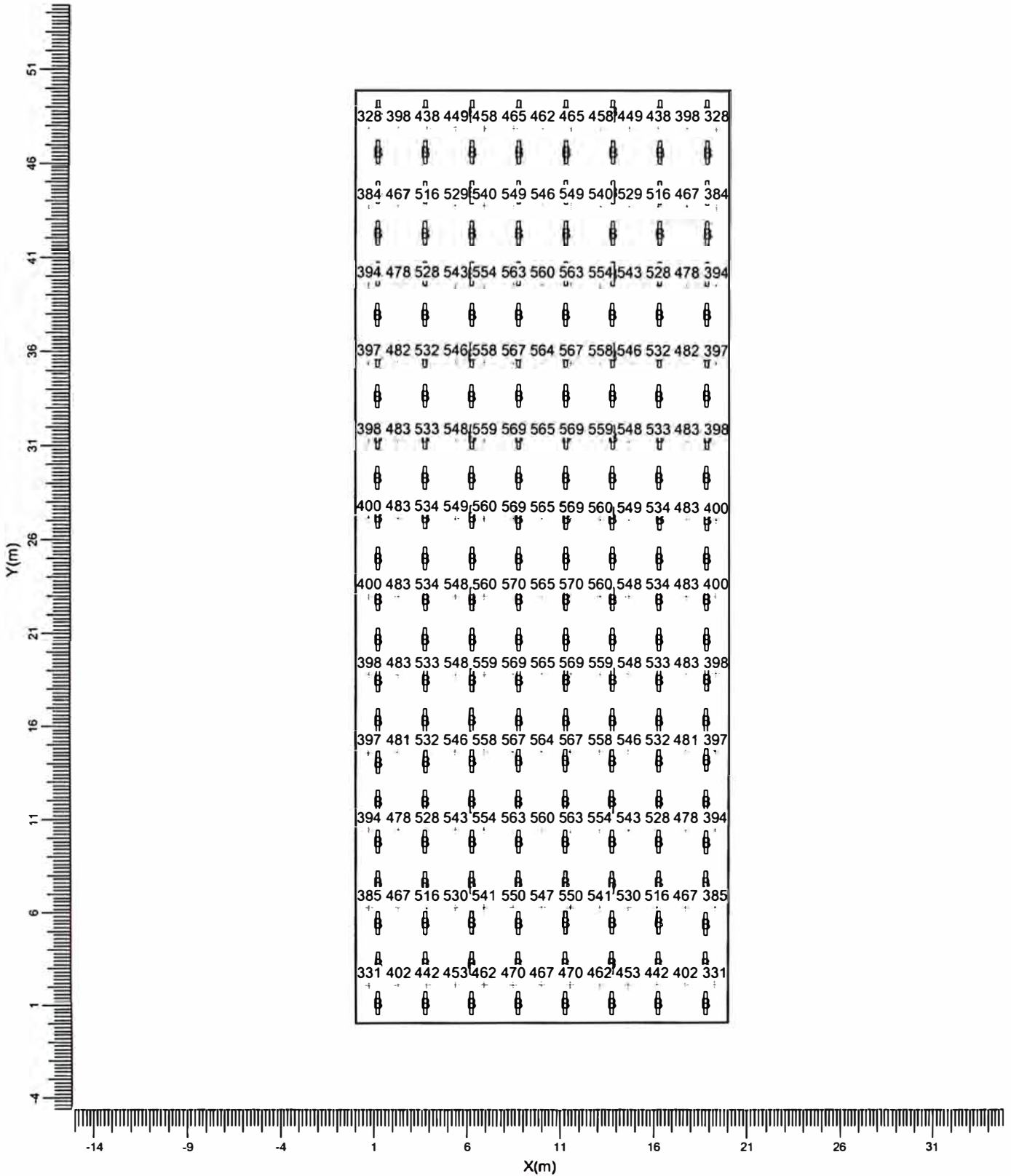
Min/Ave
0.66

Min/Max
0.58

Project maintenance factor
0.85

3.2 Plano de trabajo: Graphical Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



B → TMS022/236 GMS 022 R

Average
500

Min/Ave
0.66

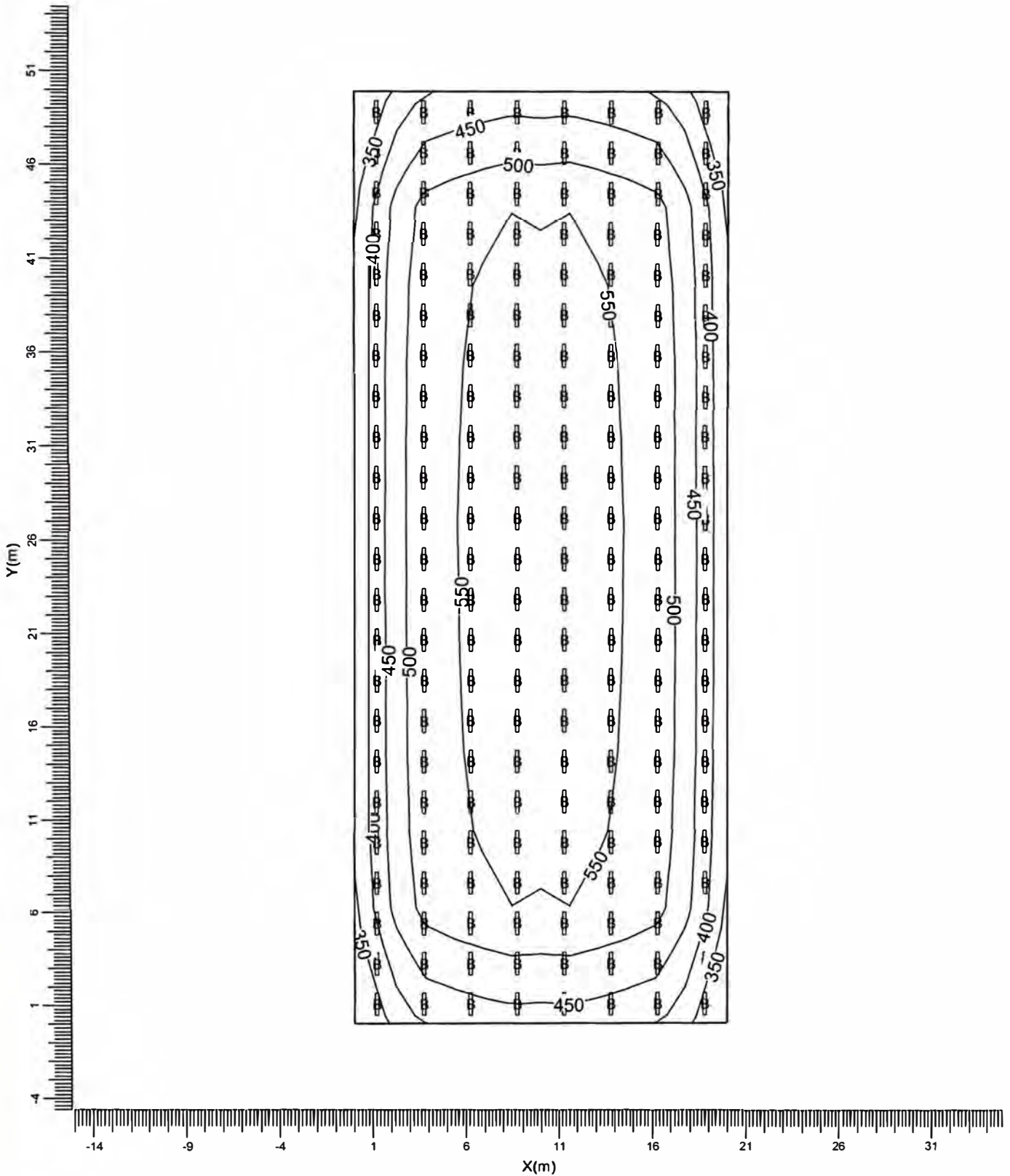
Min/Max
0.58

Project maintenance factor
0.85

Scale
1:300

3.3 Plano de trabajo: Iso Contour

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



B → TMS022/236 GMS 022 R

Average
500

Min/Ave
0.66

Min/Max
0.58

Project maintenance factor
0.85

Scale
1:300

4. Luminaire Details

67

4.1 Project Luminaires

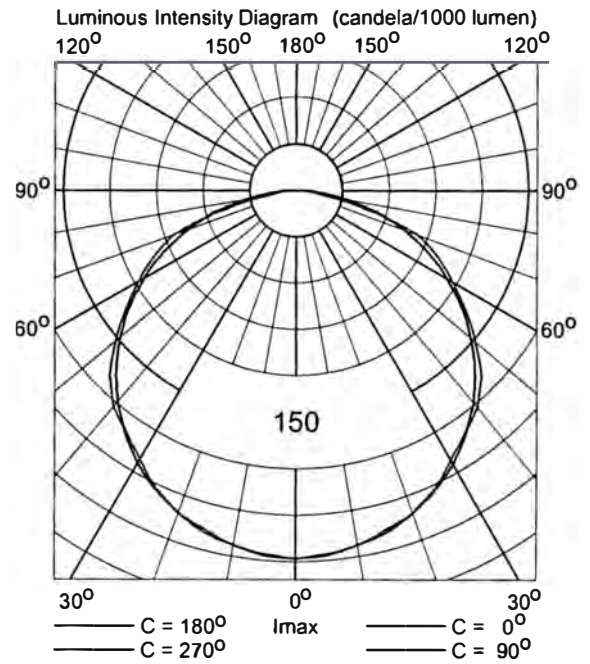
TMS022/236 GMS 022 R 2xTL 40W/54



Light output ratios

DLOR	: 0.71
ULOR	: 0.00
TLOR	: 0.71
Ballast	: Standard
Lamp flux	: 2500 lm
Luminaire wattage	: 96.0 W
Measurement code	: LVN7786000

Note: This luminaire is a special version of the mentioned measurement code.



Alternativa al CASO II

Date: 11-11-2005

Description: Características del proyecto:

Area = 1,000 m2 Nivel de Iluminación requerido = 500 lux

Luminaria = Braquete Industrial con Balasto Electrónico
más pantalla reflectora

Lámpara = Lámpara fluorescente de 36W de alta eficiencia

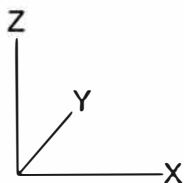
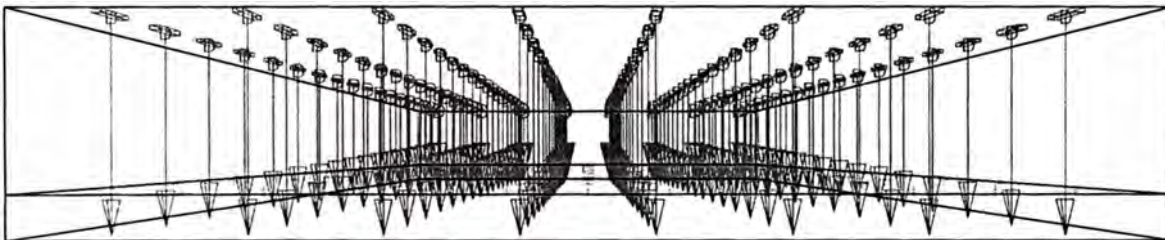
The nominal values shown in this report are the result of precision calculations, based upon precisely positioned luminaires in a fixed relationship to each other and to the area under examination. In practice the values may vary due to tolerances on luminaires, luminaire positioning, reflection properties and electrical supply.

Table of Contents

1.	Project Description	3
1.1	3-D Project Overview	3
1.2	Top Project Overview	4
2.	Summary	5
2.1	Room Summary	5
2.2	Project Luminaires	5
2.3	Calculation Results	5
3.	Calculation Results	6
3.1	Plano de trabajo: Textual Table	6
3.2	Plano de trabajo: Graphical Table	8
3.3	Plano de trabajo: Iso Contour	9
4.	Luminaire Details	10
4.1	Project Luminaires	10

1. Project Description

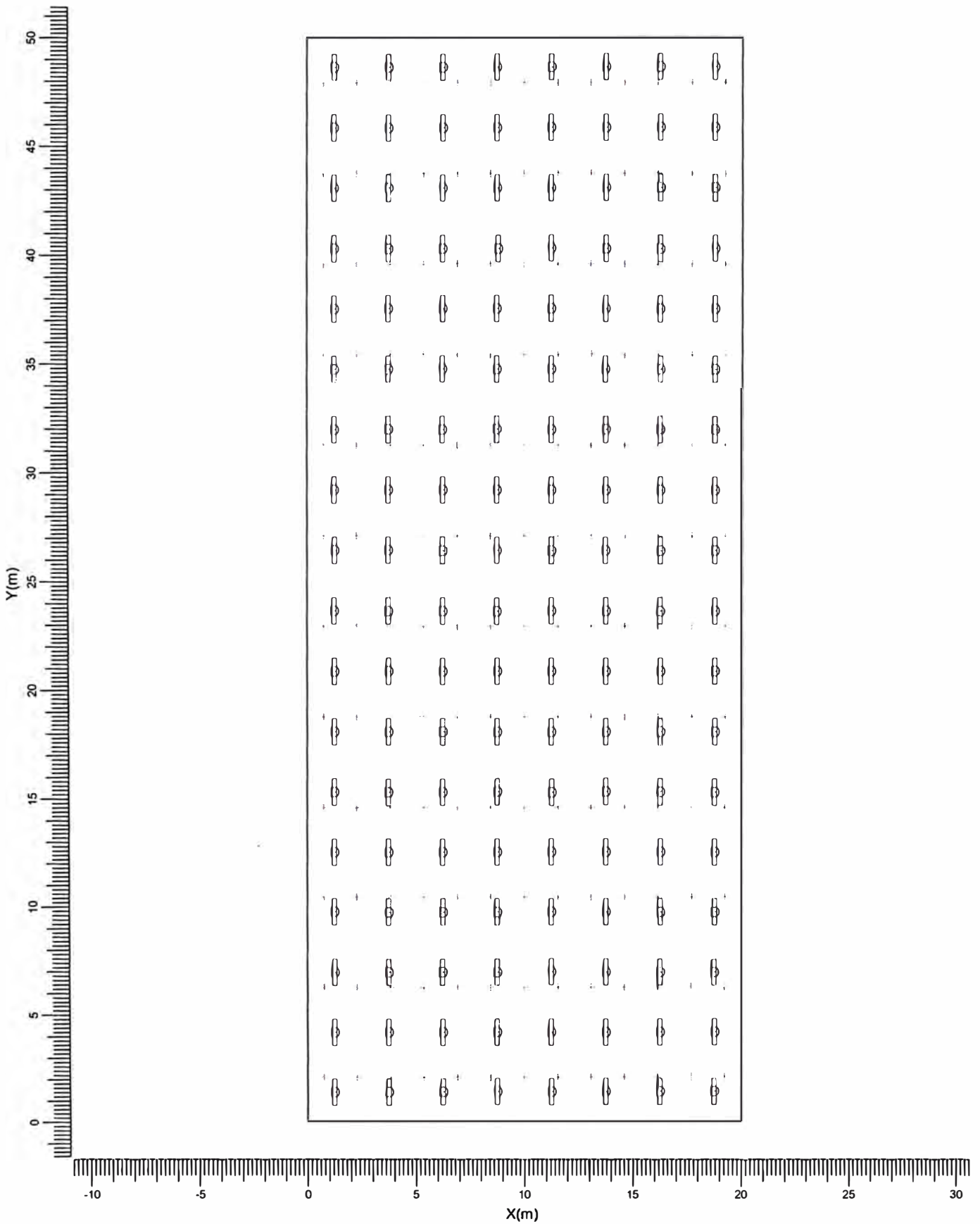
1.1 3-D Project Overview



D  TMS022/236 GMS 022 R

Width	Length	Height	Working Plane Height
20.00 m	50.00 m	4.00 m	0.80 m

1.2 Top Project Overview



D  TMS022/236 GMS 022 R

Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:250

2. Summary

72

2.1 Room Summary

Room Dimensions			Surface	Reflectance
Width	20.00	m	Ceiling	0.50
Length	50.00	m	Left Wall	0.30
Height	4.00	m	Right Wall	0.30
Working Plane Height	0.80	m	Front Wall	0.30
			Back Wall	0.30
			Floor	0.10

Room Position (Front Bottom Left)

X	0.00	m
Y	0.00	m

Total Average Room Surface Luminance (cd/m²):

Ceiling	Left	Right	Front	Back	Floor
8.8	24.5	24.5	24.1	24.4	15.2

Unified Glare Rating (CIE): 28

The overall maintenance factor used for this project is 0.85.

2.2 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
D	144	TMS022/236 GMS 022 R	2 * TL-D36W	72.0	2 * 3200

The total installed power: 10.37 (kWatt)

Number of Luminaires Per Arrangement:

Arrangement	Luminaire Code	Power (kWatt)
Room Block	D 144	10.37

2.3 Calculation Results

(II)luminance Calculations:

Calculation	Type	Unit	Ave	Min/Ave	Min/Max	Result
Plano de trabajo	Surface Illuminance	lux	501	0.67	0.59	Total

3. Calculation Results

3.1 Plano de trabajo: Textual Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total

X (m)	0.77	2.31	3.85	5.38	6.92	8.46	10.00	11.54	13.08	14.61	16.15	17.69	
Y (m)	47.92	335	406	448	459	468	475	472	475	468	459	448	406
	43.75	386	468	517	531	542	551	547	551	542	531	517	468
	39.59	394	478	528	542	554	563	559	563	554	542	528	478
	35.42	397	481	532	546	557	567	563	567	557	546	532	481
	31.25	398	482	532	547	558	568	564	568	558	547	532	482
	27.08	399	483	533	548	559	568	565	568>	559	548	533	483
	22.92	398	482	533	547	559	568	565	568	559	547	533	482
	18.75	398	482	533	547	559	568	564	568	559	547	533	482
	14.58	397	481	531	546	557	566	563	566	557	546	531	481
	10.41	394	478	528	542	554	563	559	563	554	542	528	478
	6.25	385	467	517	530	541	550	546	550	541	530	517	467
	2.08	334<	405	446	457	466	473	469	473	466	457	446	405

Continue >

Average
501

Min/Ave
0.67

Min/Max
0.59

Project maintenance factor
0.85

< Continue

74

Grid
Calculation
Result Type

Plano de trabajo at Z = 0.80 m
Surface Illuminance (lux)
Total

X (m)	19.23
Y (m)	
47.92	335
43.75	386
39.59	394
35.42	397
31.25	398
27.08	399
22.92	398
18.75	398
14.58	397
10.41	394
6.25	385
2.08	334<

Average
501

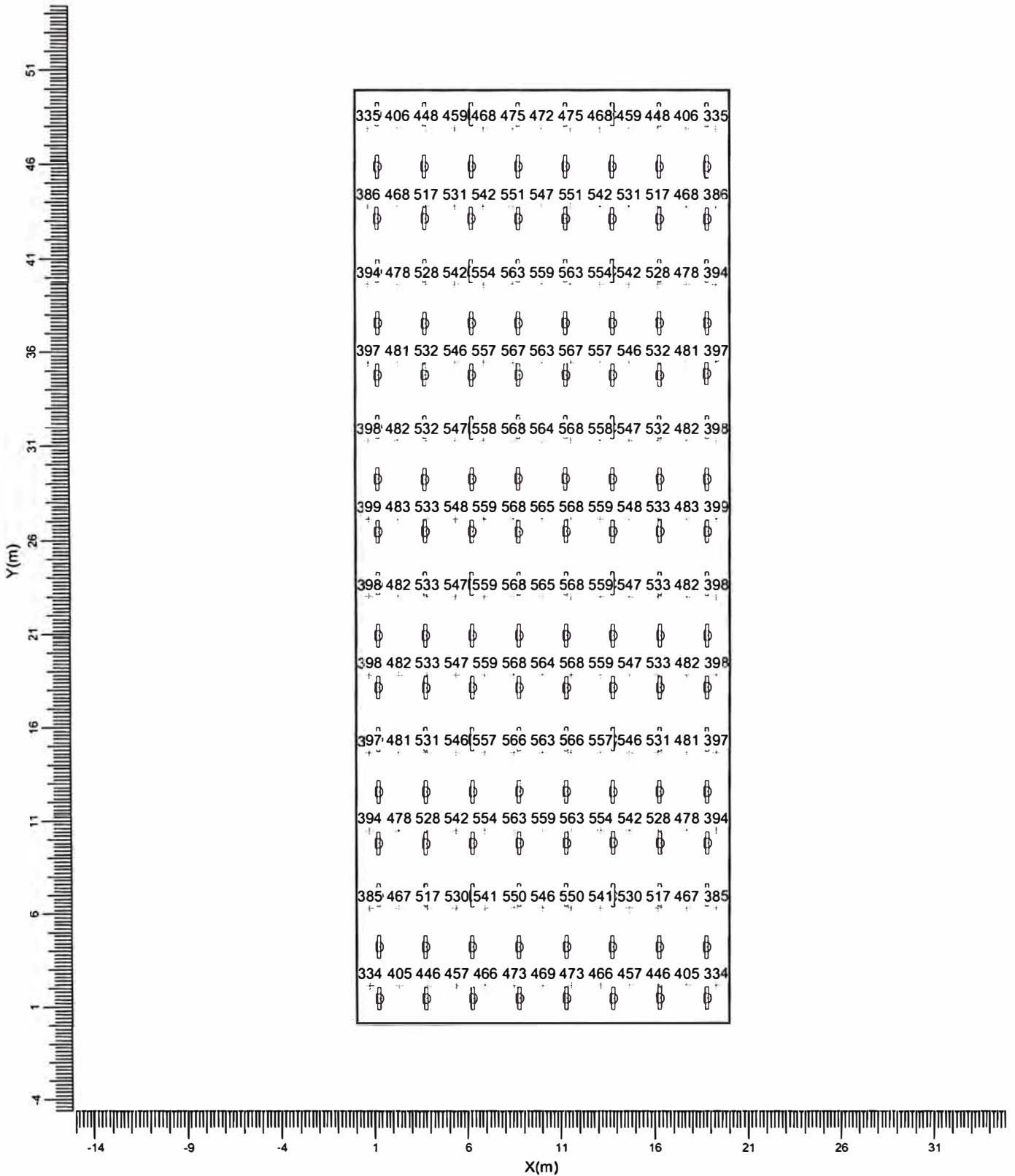
Min/Ave
0.67

Min/Max
0.59

Project maintenance factor
0.85

3.2 Plano de trabajo: Graphical Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total

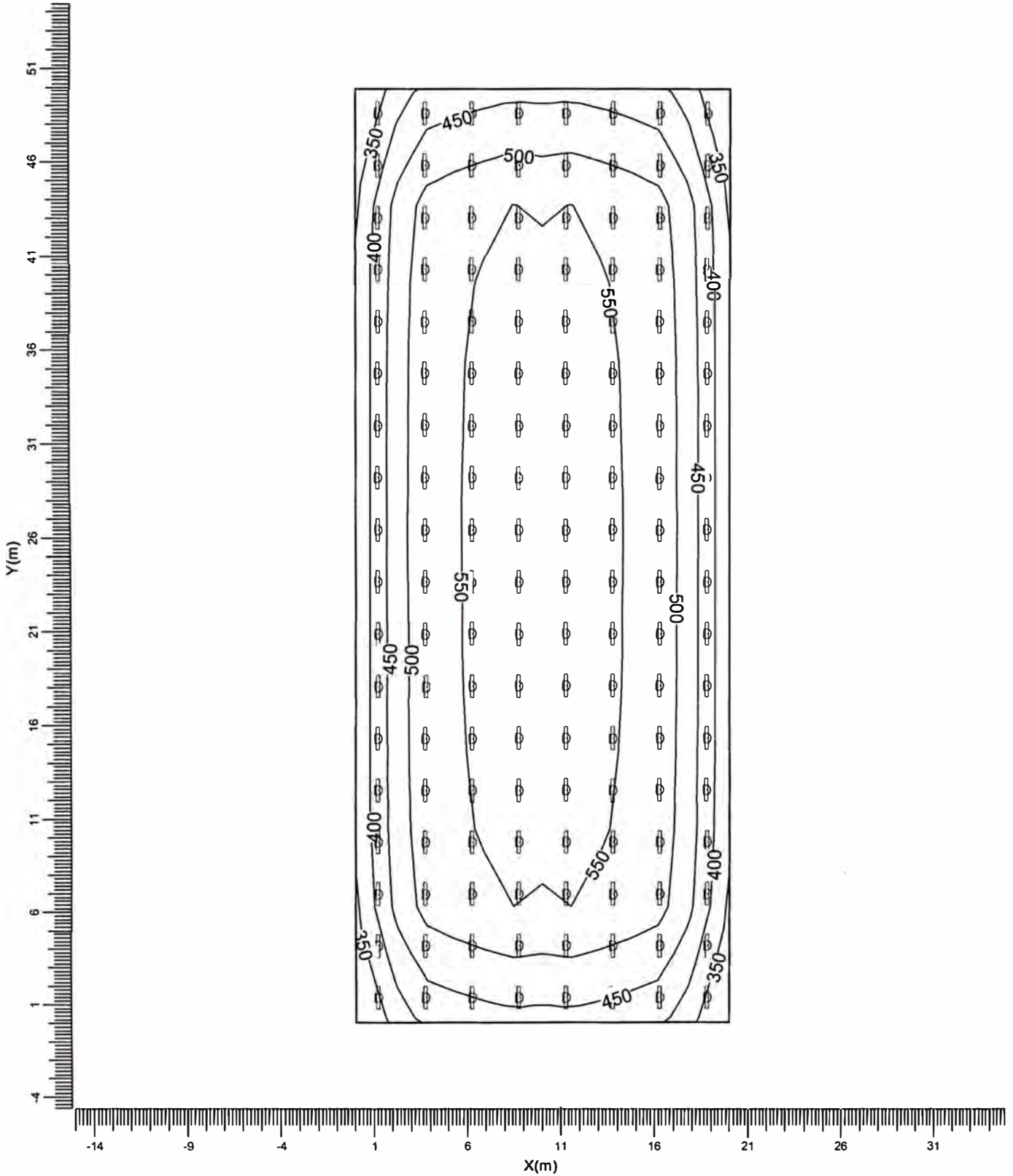


D ———> TMS022/236 GMS 022 R

Average	Min/Ave	Min/Max	Project maintenance factor	Scale
501	0.67	0.59	0.85	1:300

3.3 Plano de trabajo: Iso Contour

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



D TMS022/236 GMS 022 R

Average 501	Min/Ave 0.67	Min/Max 0.59	Project maintenance factor 0.85	Scale 1:300
----------------	-----------------	-----------------	------------------------------------	----------------

4. Luminaire Details

77

4.1 Project Luminaires

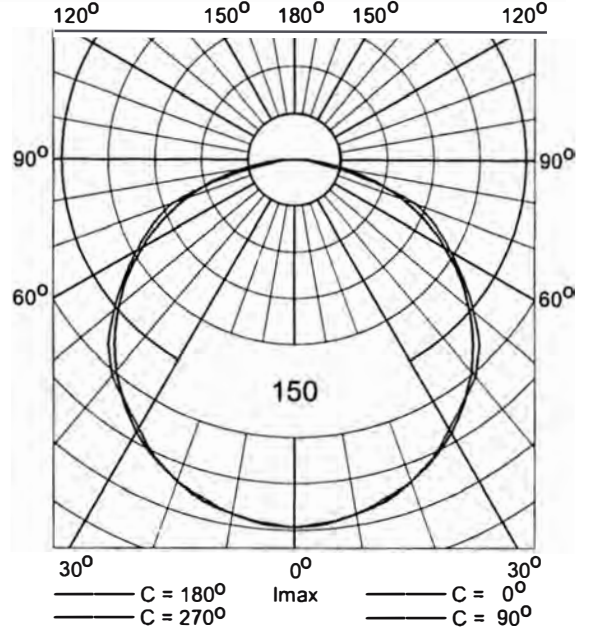
TMS022/236 GMS 022 R 2xTL-D36W/840



Light output ratios

DLOR	0.71
ULOR	0.00
TLOR	0.71
Ballast	Electronic
Lamp flux	3200 lm
Luminaire wattage	72.0 W
Measurement code	LVN7786000

Luminous Intensity Diagram (candela/1000 lumen)



CASO III

Date: 11-11-2005

Description: Características del proyecto:

Area = 1,000 m² Nivel de iluminación requerido = 500 lux

Luminaria = Luminaria hermética con Balasto Electromagnético

Lámpara = Lámpara fluorescente de 40W

The nominal values shown in this report are the result of precision calculations, based upon precisely positioned luminaires in a fixed relationship to each other and to the area under examination. In practice the values may vary due to tolerances on luminaires, luminaire positioning, reflection properties and electrical supply.

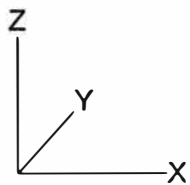
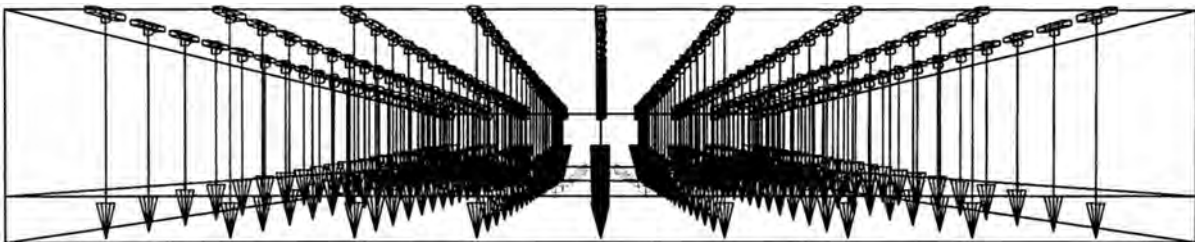
Table of Contents

79

1.	Project Description	3
1.1	3-D Project Overview	3
1.2	Top Project Overview	4
1.3	Right Project Overview	5
2.	Summary	6
2.1	Room Summary	
2.2	Project Luminaires	6
2.3	Calculation Results	6
3.	Calculation Results	7
3.1	Plano de trabajo: Textual Table	
3.2	Plano de trabajo: Graphical Table	
3.3	Plano de trabajo: Iso Contour	9
4.	Luminaire Details	10
4.1	Project Luminaires	10

1. Project Description

1.1 3-D Project Overview



B → TCW196/236

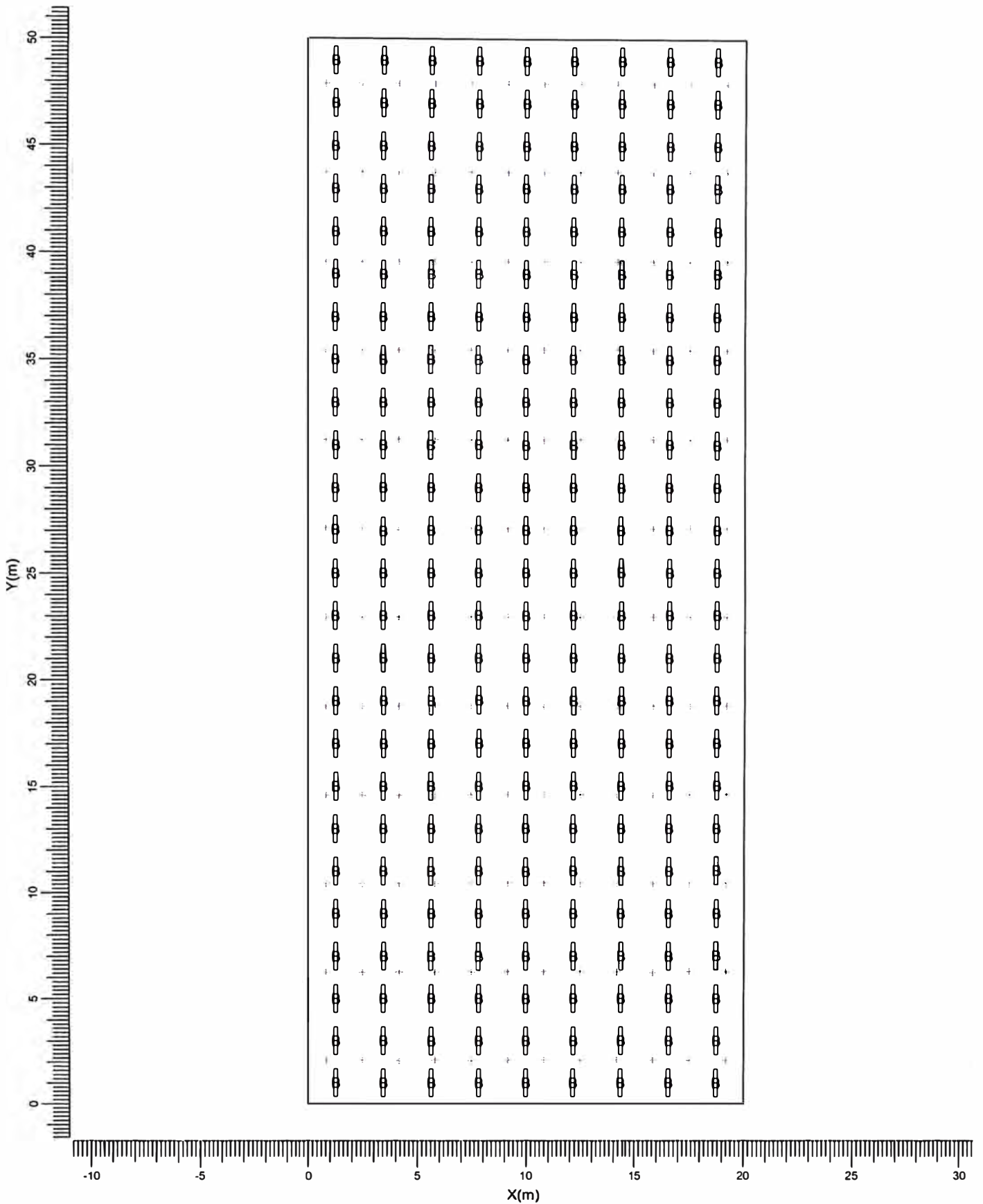
Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

1.2 Top Project Overview



B  TCW196/236

Width
20.00 m

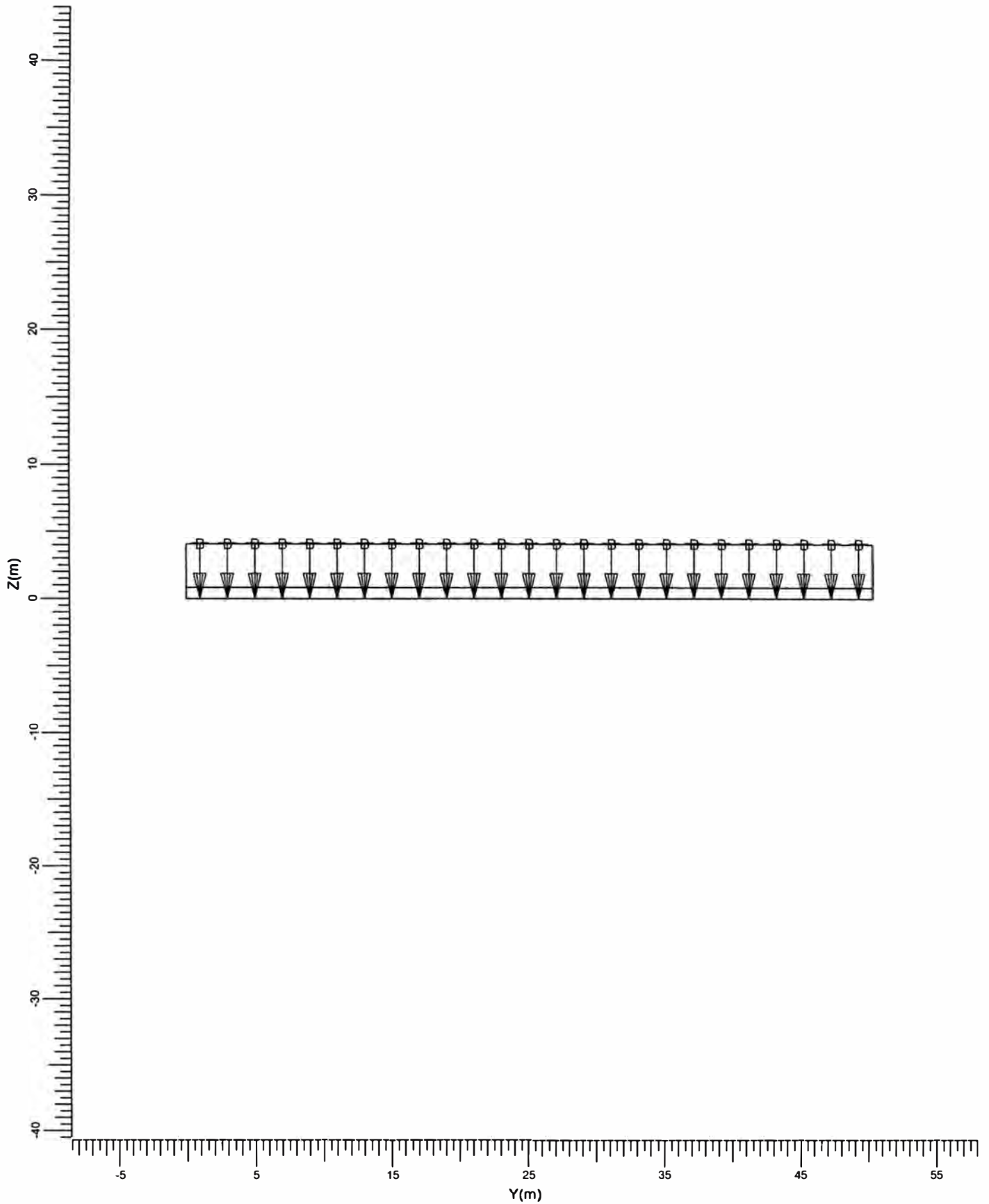
Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:250

1.3 Right Project Overview



B TCW196/236

Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:400

2. Summary

83

2.1 Room Summary

Room Dimensions			Surface	Reflectance
Width	20.00	m	Ceiling	0.50
Length	50.00	m	Left Wall	0.30
Height	4.00	m	Right Wall	0.30
Working Plane Height	0.80	m	Front Wall	0.30
			Back Wall	0.30
			Floor	0.10

Room Position (Front Bottom Left)		
X	0.00	m
Y	0.00	m

Total Average Room Surface Luminance (cd/m²):

Ceiling	Left	Right	Front	Back	Floor
10.1	39.2	39.2	28.4	28.4	15.1

Unified Glare Rating (CIE): 28

The overall maintenance factor used for this project is 0.85.

2.2 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
B	225	TCW196/236	2 * TL 40W	96.0	2 * 2500

The total installed power: 21.60 (kWatt)

Number of Luminaires Per Arrangement:

Arrangement	Luminaire Code	Power (kWatt)
Room Block	B 225	21.60

2.3 Calculation Results

(II)luminance Calculations:

Calculation	Type	Unit	Ave	Min/Ave	Min/Max	Result
Plano de trabajo	Surface Illuminance	lux	500	0.66	0.58	Total

3. Calculation Results

84

3.1 Plano de trabajo: Textual Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total

X (m)	0.83	2.50	4.16	5.83	7.50	9.17	10.83	12.50	14.17	15.84	17.50	19.17	
Y (m)	47.92	329	402	441	462	469	470	470	469	462	441	402	329
	43.75	384	468	515	540	549	550	550	549	540	515	468	384
	39.59	395	481	528	553	562	563	563	562	553	528	481	395
	35.42	399	485	531	556	565	567	567	565	556	531	485	399
	31.25	401	486	533	558	566	568	568	566	558	533	486	401
	27.08	402	487	534	558	567	569	569	567	558	534	487	402
	22.92	402	487	534	558	567	569>	569>	567	558	534	487	402
	18.75	401	486	533	558	566	568	568	566	558	533	486	401
	14.58	399	485	531	556	565	567	567	565	556	531	485	399
	10.41	395	481	528	553	562	563	563	562	553	528	481	395
	6.25	384	468	515	540	549	550	550	549	540	515	468	384
	2.08	329	402	441	462	469	470	470	469	462	441	402	329<

Average
500

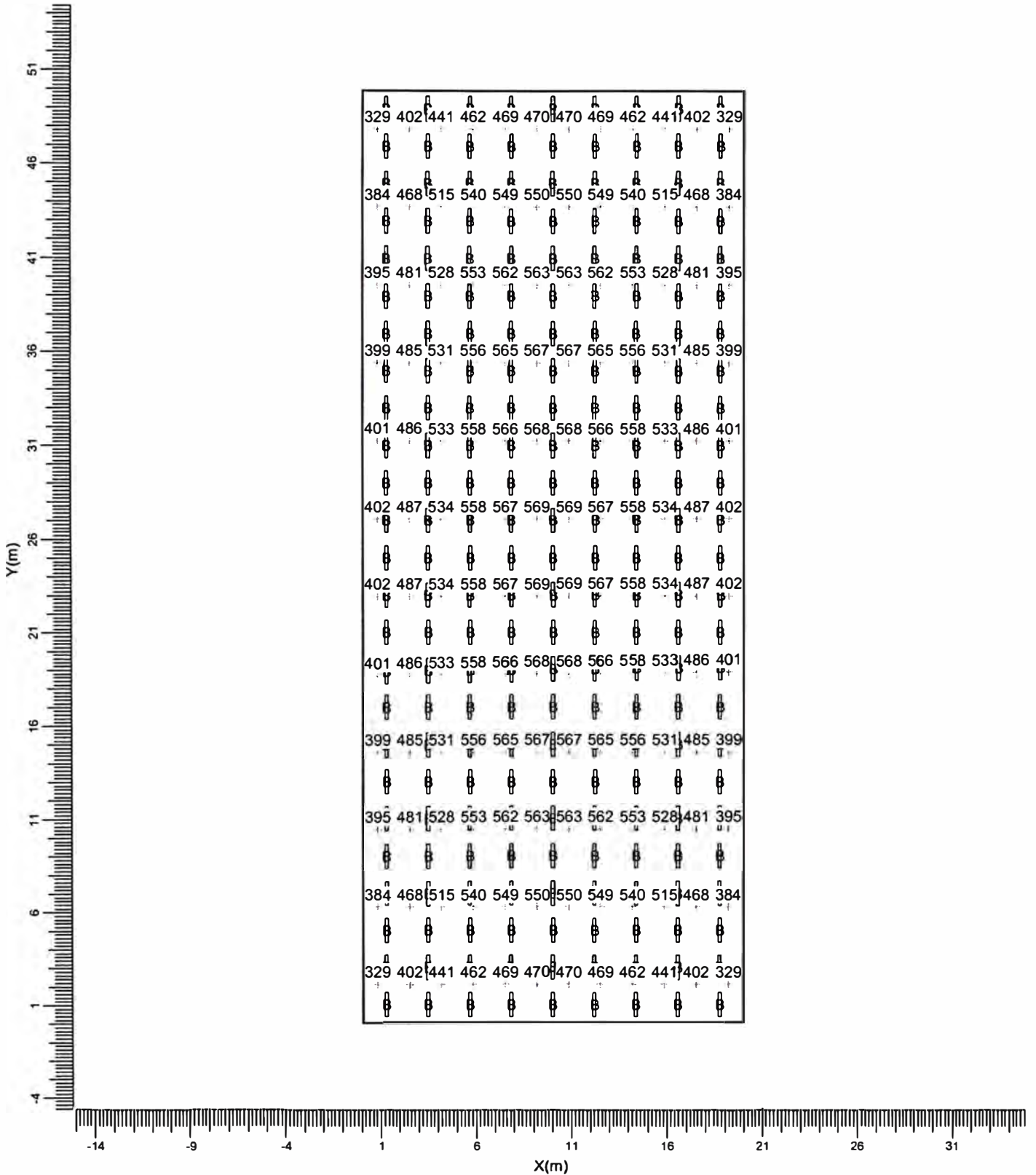
Min/Ave
0.66

Min/Max
0.58

Project maintenance factor
0.85

3.2 Plano de trabajo: Graphical Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



B ———▶ TCW196/236

Average
500

Min/Ave
0.66

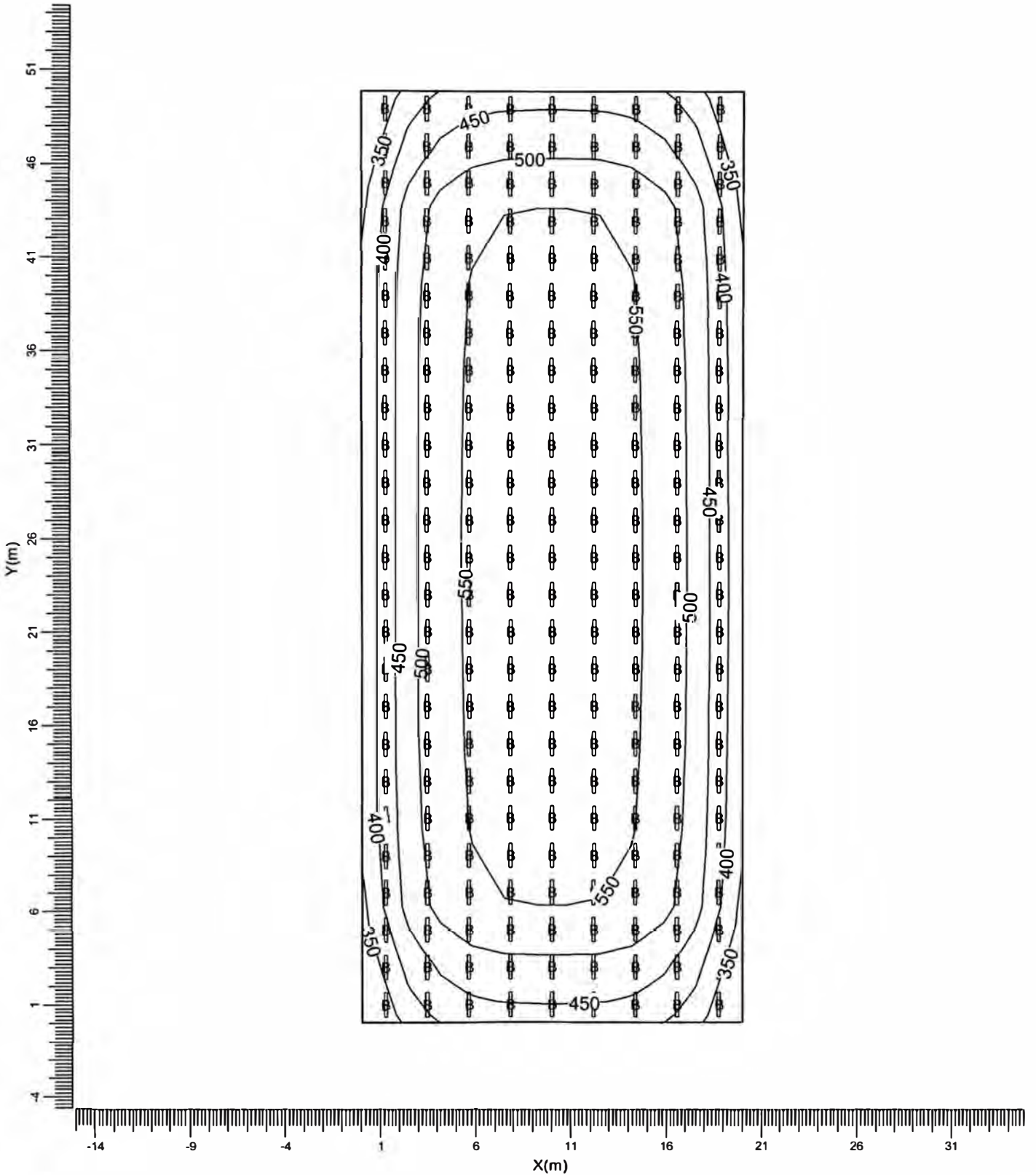
Min/Max
0.58

Project maintenance factor
0.85

Scale
1:300

3.3 Plano de trabajo: Iso Contour

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



B → TCW196/236

Average
500

Min/Ave
0.66

Min/Max
0.58

Project maintenance factor
0.85

Scale
1:300

4. Luminaire Details

87

4.1 Project Luminaires

TCW196/236 2xTL 40W/54

Light output ratios

DLOR : 0.63

ULOR : 0.06

TLOR : 0.69

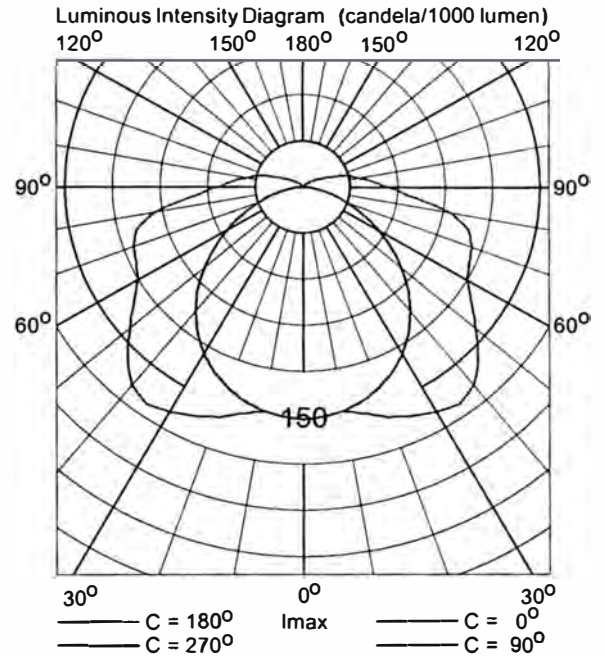
Ballast : Standard

Lamp flux : 2500 lm

Luminaire wattage : 96.0 W

Measurement code : LVN6161000

Note: This luminaire is a special version of the mentioned measurement code.



Alternativa al CASO III

Date: 11-11-2005

Description:

Características del proyecto:

Area = 1,000 m² Nivel de iluminación requerido = 500 lux

Luminaria = Luminaria Hermética con Balasto Electrónico

Lámpara = Lámpara fluorescente de 36W de alta eficiencia

The nominal values shown in this report are the result of precision calculations, based upon precisely positioned luminaires in a fixed relationship to each other and to the area under examination. In practice the values may vary due to tolerances on luminaires, luminaire positioning, reflection properties and electrical supply.

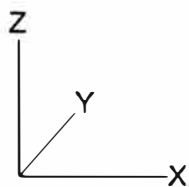
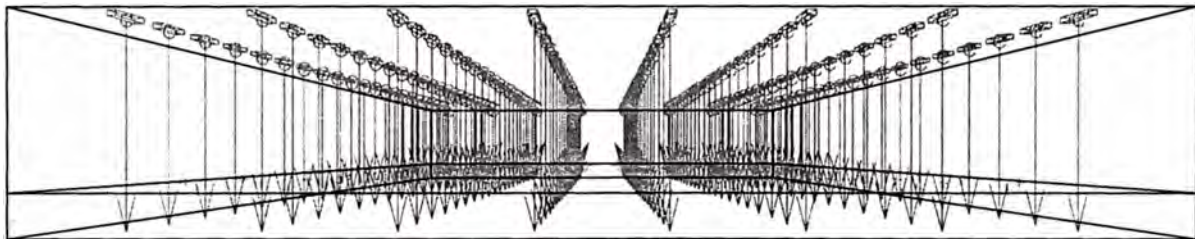
Table of Contents

89

1.	Project Description	3
1.1	3-D Project Overview	3
1.2	Top Project Overview	4
1.3	Right Project Overview	5
2.	Summary	6
2.1	Room Summary	6
2.2	Project Luminaires	6
2.3	Calculation Results	6
3.	Calculation Results	7
3.1	Plano de trabajo: Textual Table	7
3.2	Plano de trabajo: Graphical Table	8
3.3	Plano de trabajo: Iso Contour	9
4.	Luminaire Details	10
4.1	Project Luminaires	10

1. Project Description

1.1 3-D Project Overview



C → TCW196/236

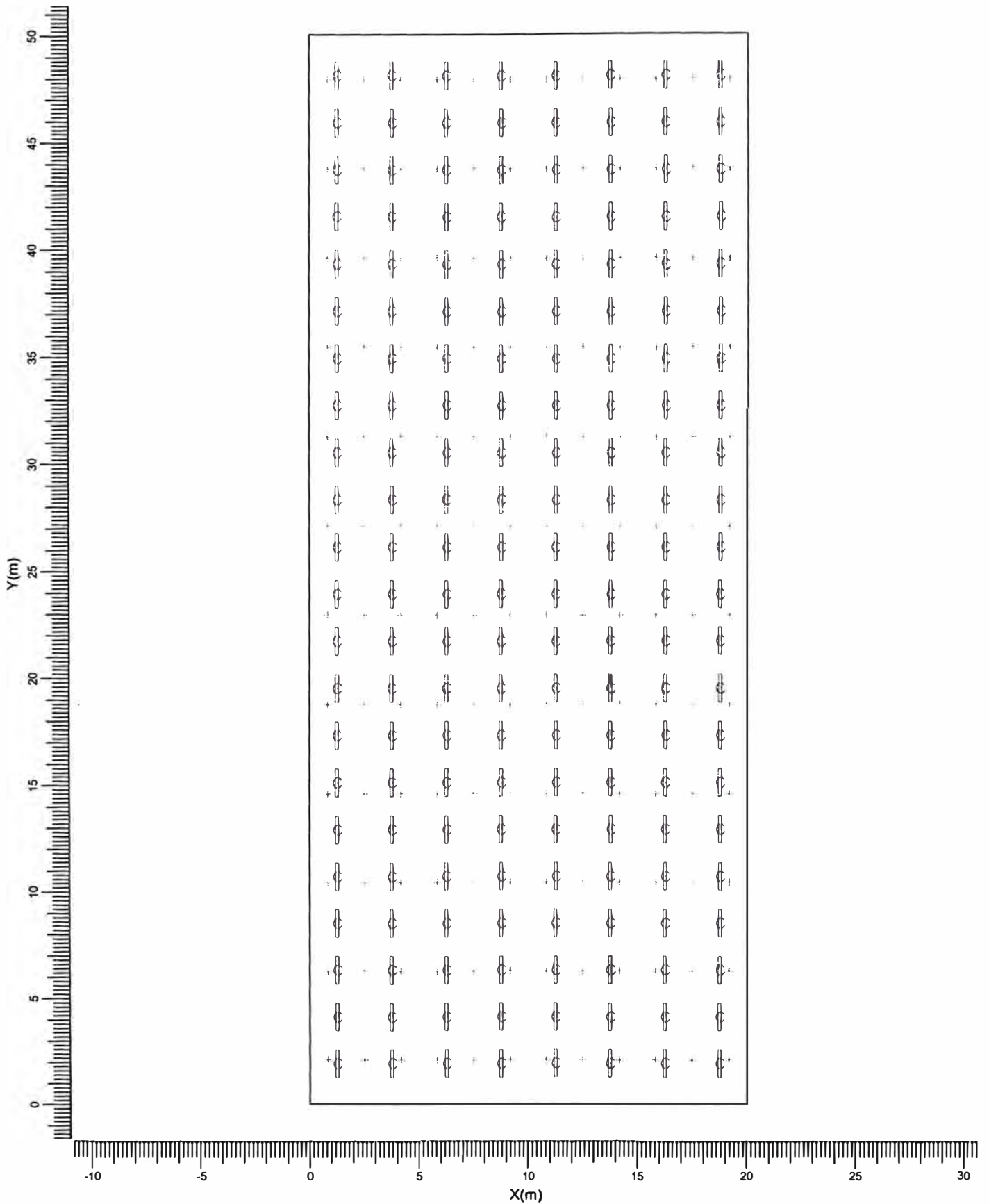
Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

1.2 Top Project Overview



C → TCW196/236

Width
20.00 m

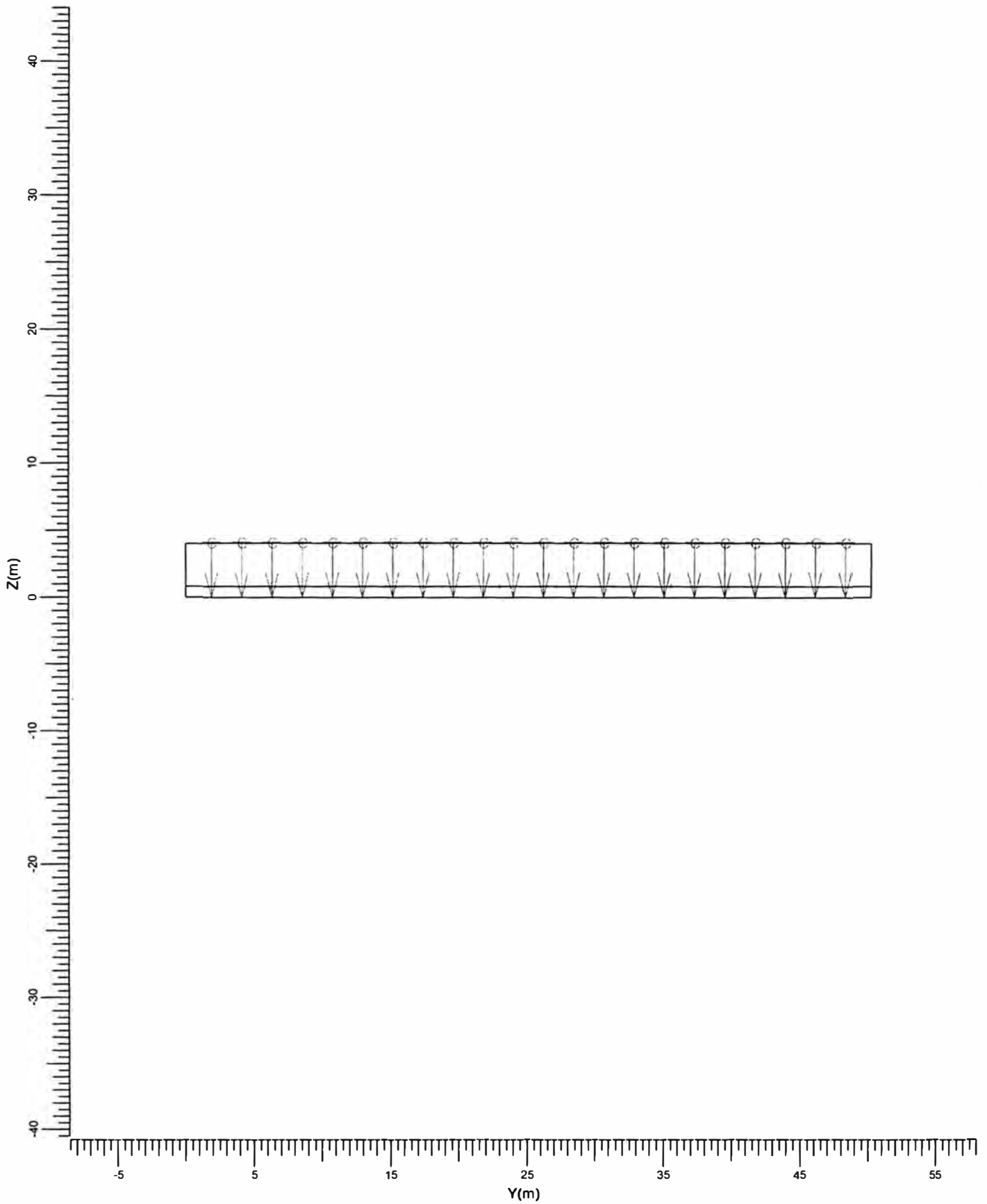
Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:250

1.3 Right Project Overview



C → TCW196/236

Width
20.00 m

Length
50.00 m

Height
4.00 m

Working Plane Height
0.80 m

Scale
1:400

2. Summary

2.1 Room Summary

Room Dimensions			Surface	Reflectance
Width	20.00	m	Ceiling	0.50
Length	50.00	m	Left Wall	0.30
Height	4.00	m	Right Wall	0.30
Working Plane Height	0.80	m	Front Wall	0.30
			Back Wall	0.30
			Floor	0.10

Room Position (Front Bottom Left)

X	0.00	m
Y	0.00	m

Total Average Room Surface Luminance (cd/m2):

Ceiling	Left	Right	Front	Back	Floor
10.1	40.3	40.3	23.3	23.3	15.2

Unified Glare Rating (CIE): 29

The overall maintenance factor used for this project is 0.85.

2.2 Project Luminaires

Code	Qty	Luminaire Type	Lamp Type	Power (W)	Flux (lm)
C	176	TCW196/236	2 * TL-D36W	72.0	2 * 3200

The total installed power: 12.67 (kWatt)

Number of Luminaires Per Arrangement:

Arrangement	Luminaire Code	Power (kWatt)
Room Block	C 176	12.67

2.3 Calculation Results

(II)luminance Calculations:

Calculation	Type	Unit	Ave	Min/Ave	Min/Max	Result
Plano de trabajo	Surface Illuminance	lux	503	0.61	0.53	Total

3. Calculation Results

3.1 Plano de trabajo: Textual Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total

X (m)	0.83	2.50	4.16	5.83	7.50	9.17	10.83	12.50	14.17	15.84	17.50	19.17
Y (m)	47.92	308	373	402	415	423	425	423	415	402	373	308
	43.75	396	483	521	539	550	552	552	550	539	521	483
	39.59	413	501	540	559	570	572	572	570	559	540	501
	35.42	418	505	546	564	575	578	578	575	564	546	505
	31.25	420	507	547	565	577	579	579	577	565	547	507
	27.08	420	508	547	566	577	579>	579>	577	566	547	508
	22.92	420	508	547	566	577	579>	579	577	566	547	508
	18.75	420	507	547	565	577	579	579	577	565	547	507
	14.58	418	505	546	564	575	578	578	575	564	546	505
	10.41	413	501	540	559	570	572	572	570	559	540	501
	6.25	396	483	521	539	550	552	552	550	539	521	483
	2.08	308<	373	402	415	423	425	425	423	415	402	373

Average
503

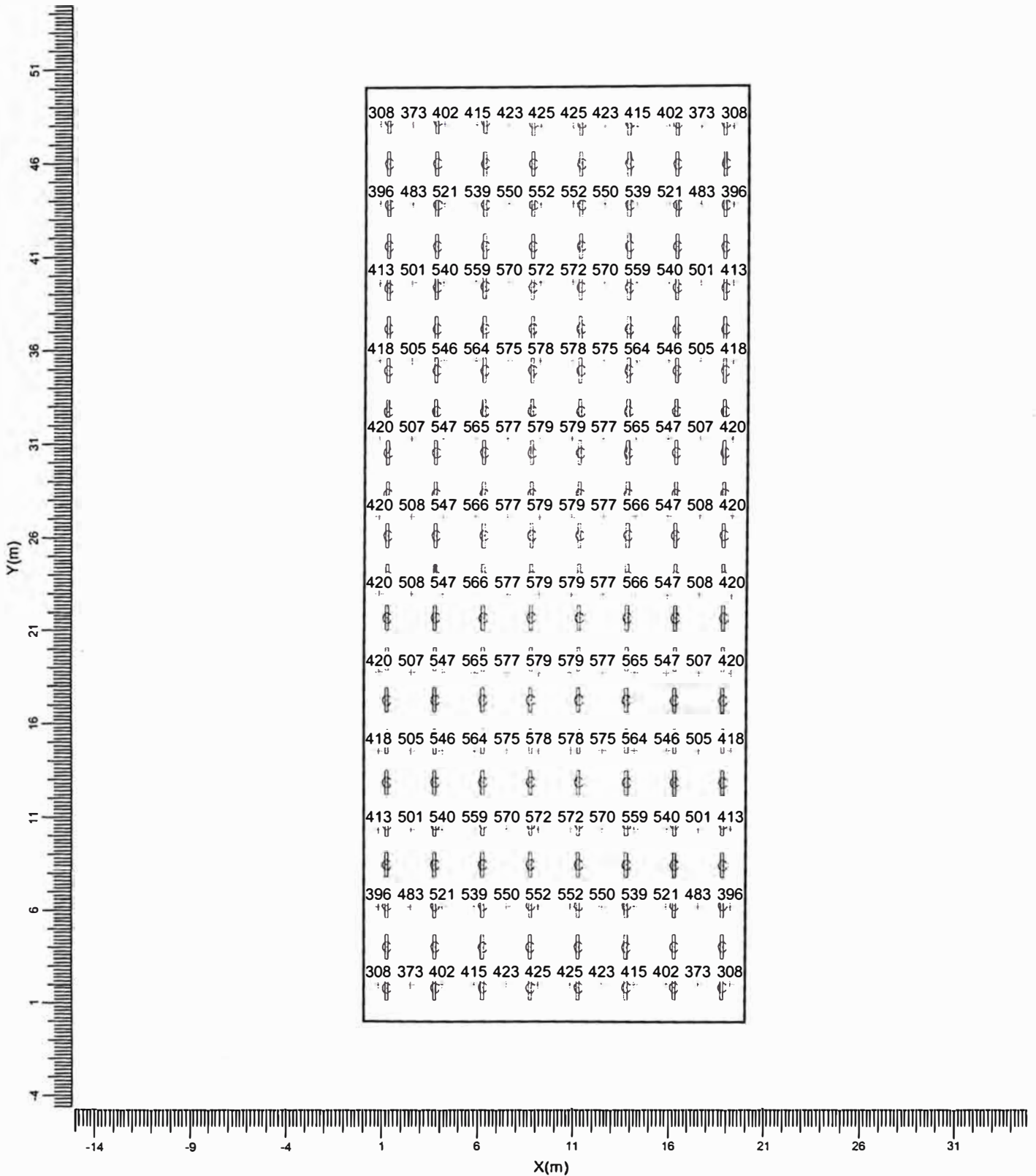
Min/Ave
0.61

Min/Max
0.53

Project maintenance factor
0.85

3.2 Plano de trabajo: Graphical Table

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total

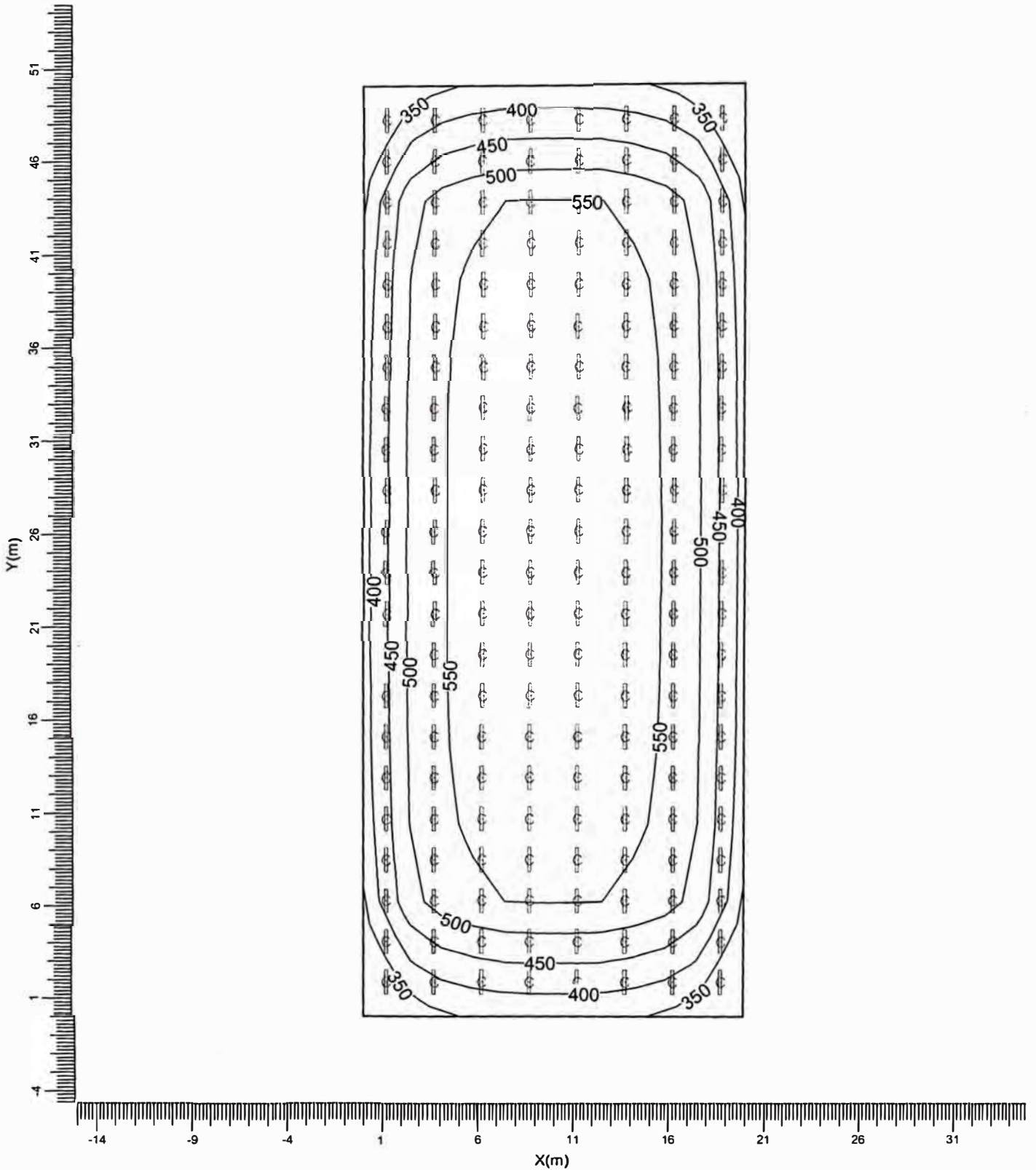


C → TCW196/236

Average 503 Min/Ave 0.61 Min/Max 0.53 Project maintenance factor 0.85 Scale 1:300

3.3 Plano de trabajo: Iso Contour

Grid : Plano de trabajo at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



C → TCW196/236

Average
503

Min/Ave
0.61

Min/Max
0.53

Project maintenance factor
0.85

Scale
1:300

4. Luminaire Details

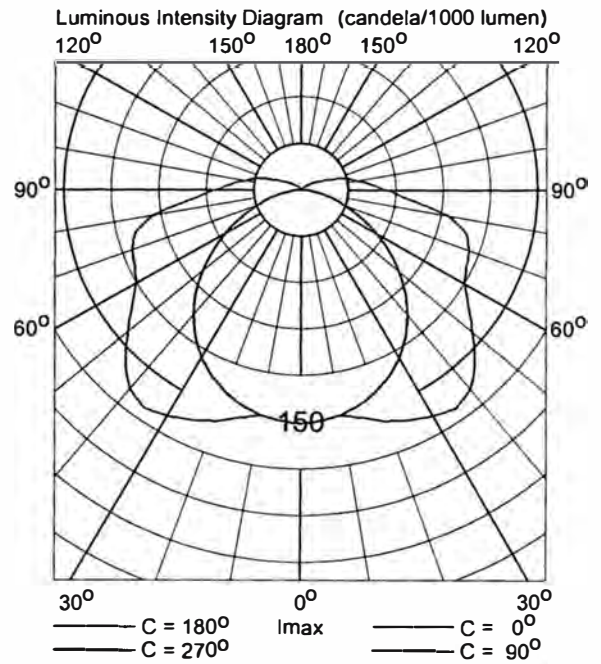
97

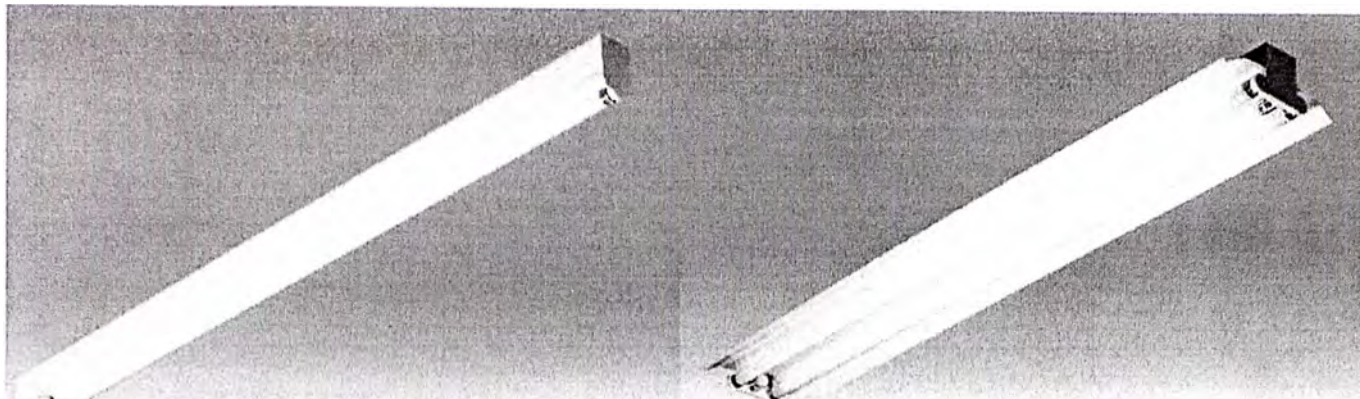
4.1 Project Luminaires

TCW196/236 2xTL-D36W/840

Light output ratios

DLOR	: 0.63
ULOR	: 0.06
TLOR	: 0.69
Ballast	: Electronic
Lamp flux	: 3200 lm
Luminaire wattage	: 72.0 W
Measurement code	: LVN6161000





Características

Luminaria funcional y económica para iluminación industrial y de interiores; para sobreponer y suspender, para una o dos lámparas fluorescentes tubulares TLD 36W.

Fabricada en plancha de fierro de 0.3 mm de espesor, doblada en U y acabada en pintura electrostática blanco. La luminaria puede ser suministrada con sistema reflector tipo industrial hecho de plancha de fierro de 0.3 mm de espesor y acabado en pintura electrostática blanca.

Los portalámparas se sujetan a presión en los extremos del canal.

El montaje se puede realizar en forma directa al techo o suspendido mediante cables (no suministrado). Sistema auxiliar de encendido electromagnético o electrónico según requerimiento, alto factor de potencia opcional.

Aplicaciones

Industrias, plantas textiles, talleres industriales, almacenes, colegios, etc.

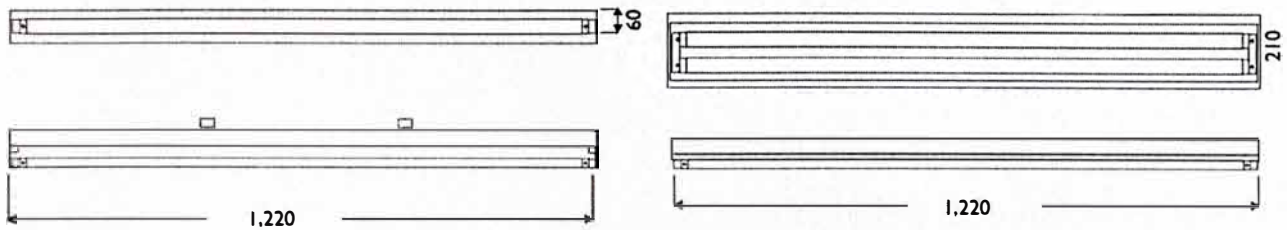


Let's make things better.



PHILIPS

DIMENSIONES



Todas las medidas estan en mm.

DATOS DE PEDIDO

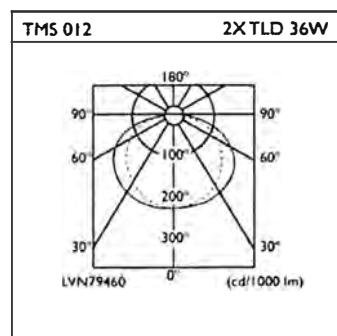
Modelo	Tipo de Reflector	Nº. de tubos	Balasto
TMS 012/1.36	Simétrico	1 TLD 36W	Electromagnético
TMS 012/2.36		2 TLD 36W	Electromagnético (*)
TMS 012/1.36 R		1 TLD 36W	Electromagnético
TMS 012/2.36 R		2 TLD 36W	Electromagnético (*)
TMS 012/1.36 RA		Asimétrico	1 TLD 36W

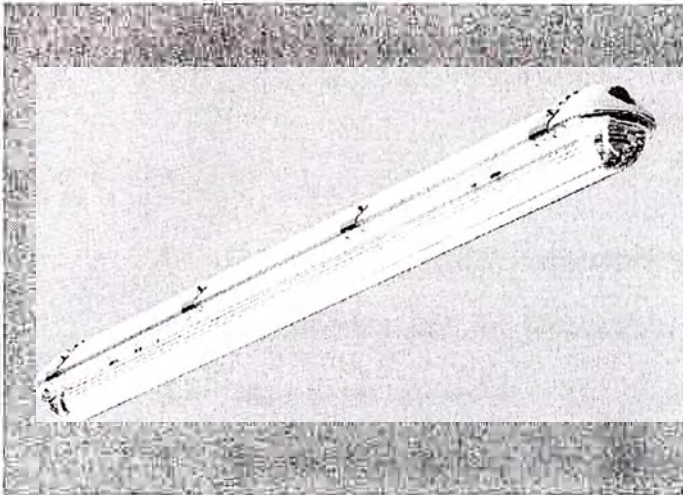
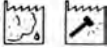
(*) A pedido se puede suministrar con Balastos electrónicos HF-B en versión de 2x36W

DATOS TECNICOS

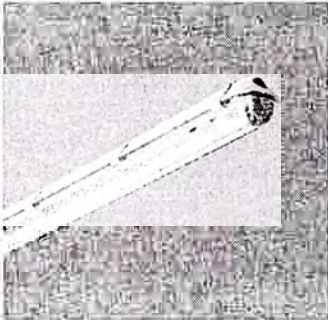
Modelo	Balasto	Tensión (Volt)	Corriente (Amp)	Frecuencia (Hz)	Factor de potencia	Pérdidas (Vatios)
TMS 012/1.36	Electromagnético	220	0.43	60	0.95	8.9
TMS 012/2.36	Electromagnético	220	0.84	60	0.95	17.8
TMS 012/2.36	Electrónico	220	0.32	50/60	>0.96	8.0

CURVAS DE INTENSIDAD LUMINICA

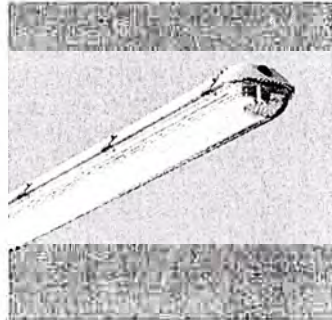




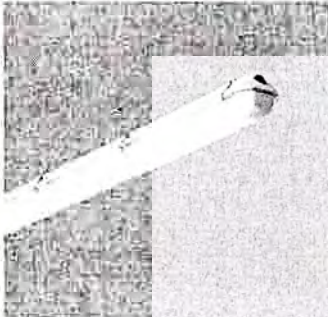
TCW 196 S 136



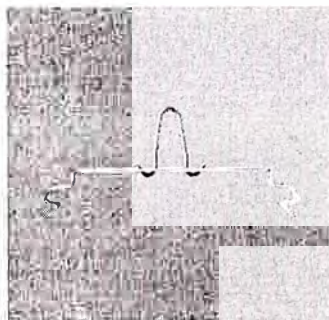
TCW 196



TCW 196 RE



TCW 195



ZCW 195/20 Susp.

ZCW 195/20 Susp.
Bag of 20 suspension hooks for wire/chain suspension.

Type
ZCW 195/20 Susp.

TCW 196

Functional shock-, vandal-, dust- and jetproof luminaire for 'TL'D fluorescent lamp(s), with an optional 1- or 3-hour emergency lighting circuit. With choice of polycarbonate or acrylic cover: Gear tray, plastic or stainless steel toggles, 2 stainless steel ceiling fixing clips and cable entries (membranes) supplied with the luminaire. Lamps included with 240 V version. Optic - asymmetrical (RA), intensive (RI) or extensive (RE) - to be ordered separately (for available optics see Luminaire specification matrix). Available in Class II. Pre-equipped version available for mounting on Philips TTX 500/550 systems. Also available as kombipack including lamp(s). 'TL'S version available on request.

Applications

- Dust and moisture protected
- Impact protected

Technical description

Gear/power supply:
HF: 220V - 240V
Conventional: 230V or 240V
Fused connection block optional
Lamps: 1 and 2 'TL'D fluorescent
Housing: grey fibre-glass reinforced polyester; cover in polycarbonate (Pacific 196) or acrylic (Pacific 195)

NOTE: Sheet Moulding Compounds (which is fibre-glass reinforced polyester) materials were once perceived not to be recyclable. In fact these composite thermosets can be recycled, and already today there are many applications using recyclable SMC.

Installation

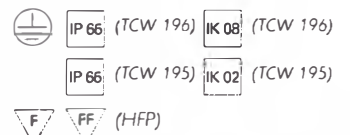
Mounting: individual or in-line (through-wiring types available). Method: easy "click" installation by 2 stainless steel fixing clips.

Accessories

Through-wiring set, suspension hooks, BESA box caps and seals, Allen screws and key, and brackets for suspension on new Philips TTX 410 trunkings.

Tender description

Functional, shock-, vandal-, dust- and jetproof luminaire for 1 or 2 'TL'D fluorescent lamps, with grey fibre-glass-reinforced polyester housing, white prelaquered gear tray and polycarbonate or acrylic cover. With a choice of (asymmetrical, intensive or extensive) optics, it shall be available with an optional 1- or 3-hour emergency lighting circuit and with the possibility for internal feed-through wiring. The luminaire shall be for use with HF electronic or conventional gear, and include a fused connection block. There shall be the option of a pre-equipped version for trunking or power supply systems. Installation shall be by easy "click" for individual or in-line mounting. The luminaire shall include gear tray, plastic or stainless steel toggles, 2 stainless steel fixing clips and cable entries (membranes). It shall also be available as a kombipack including lamp(s). Accessories shall include through-wiring set, suspension hooks, BESA box caps and seals, Allen screws and key, and brackets for trunking suspension. Class II types shall also be available. The luminaire shall comply with ENEC/CE.



ZCW 196 S/V

Bag of 10 Allen screws + 1 Allen key to secure the inox lockers against vandalism



ZCW 196 S/V

Type
ZCW 196 S/V



BIBLIOGRAFIA

1. "Application guide to fluorescent lamp control gear" Ed. Philips Lighting, 2002.
2. "Lighting Manual" Ed. fifth edition ,Philips Lighting, 1993.
3. "Manual de Alumbrado", Ed. Cuarta, Philips Lighting .
4. "Revista Internacional de Luminotecnia" Philips Lighting, 1999.
5. " The IESNA Lighting Handbook" Ed. Ninth, IES 2000.