

# Universidad Complutense de Madrid

Departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera



## Contaminación lumínica en la UCM (2010)

I. Evolución de la iluminación en la UCM

Isabel Rodríguez Herranz

Trabajo académicamente dirigido

por el profesor Jaime Zamorano

curso 2009-2010

# ÍNDICE

1. Introducción.....	Pág. 2
2. Objetivos.....	Pág. 3
3. Procedimiento de toma de medidas.....	Pág. 4
• Equipo.....	Pág. 4
• Método de los nueve puntos.....	Pág. 5
• Observaciones relevantes y recomendaciones para trabajos futuros.....	Pág. 6
• Mapa de todas las medidas.....	Pág. 7
4. Análisis de los datos.....	Pág. 8
• Repetición de las medidas de 2009.....	Pág. 8
• Extensión a nuevas zonas.....	Pág. 27
5. Resultados y conclusiones.....	Pág. 44
6. Propuestas para futuros trabajos.....	Pág. 50
7. Agradecimientos.....	Pág. 50
ANEXO I: Tablas de datos.....	Pág. 51
ANEXO II: *Rotonda de Cardenal Cisneros*.....	Pág. 60
ANEXO III: Programa Empleado.....	Pág. 61
ANEXO IV Fotografías de los emplazamientos de las medidas.....	Pág. 62

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante el curso 2008-2009 se realizó un estudio de la iluminación en diversos puntos de la Ciudad Universitaria motivado por la preocupación sobre la contaminación lumínica que afecta de forma significativa a las observaciones astronómicas realizadas desde el Observatorio UCM, situado en la Facultad de Ciencias Físicas en el Campus de Moncloa (Ciudad Universitaria) de la UCM. En este Trabajo Académicamente Dirigido por el prof. Zamorano y realizado por Pablo Cepero se fijaron los métodos adecuados para realizar las medidas así como las herramientas necesarias y se midieron algunas zonas de interés. El trabajo tenía vocación de investigación a largo plazo donde se pudiese observar y corregir en su caso los excesos y analizar su evolución temporal.

Durante el presente curso se ha continuado esta investigación con el objetivo primordial de medir los cambios que la instalación del nuevo alumbrado público pudiera tener sobre la contaminación lumínica en la Universidad Complutense.

El trabajo de campo consistente en la toma de medidas ha sido realizado por un equipo de dos estudiantes. En la presente memoria que presenta Isabel Rodríguez Herranz *“Contaminación lumínica en la UCM (2010) I. Evolución de la iluminación en la Universidad Complutense”* se describen los métodos, medidas y conclusiones del trabajo sobre la evolución de la iluminación en la UCM que incluye una extensión en la toma de datos a otras zonas de la Ciudad Universitaria siguiendo la metodología estándar del trabajo del pasado curso. En una memoria complementaria a ésta presentada por Roque Ruiz Carmona *“Contaminación lumínica en la UCM (2010) II. Mapa del la iluminación en la Universidad Complutense”* se describe un nuevo método de toma de datos de forma automatizada que ha permitido realizar un mapa más completo de la iluminación en la UCM (y que incluye una extensión al campus de Somosaguas), así como los resultados obtenidos.

## 2. OBJETIVOS

Siguiendo la línea de estudio del Departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera pretendemos continuar los trabajos sobre contaminación lumínica en la UCM. Dada la importancia de un alumbrado público eficiente, tanto por su influencia en las observaciones astronómicas que se realizan en la Facultad de CC. Físicas como por el derroche energético y económico que tiene lugar cada noche, nuestro estudio quiere evaluar la situación actual y las posibles mejoras que se han conseguido al renovar parte del alumbrado público en el campus. Un estudio riguroso de la evolución ha sido posible, sin embargo, en pocos casos dado que los trabajos de instalación no han finalizado todavía.

Por consiguiente, el objetivo fundamental del presente trabajo consiste en medir el estado actual del alumbrado público de la Ciudad Universitaria y estudiar su evolución. Se pretende medir no sólo en las zonas ya exploradas en el trabajo de Pablo Cepero en 2009 sino ampliar a nuevas regiones del campus que ya sea por su cercanía al observatorio de la facultad de Ciencias Físicas como por tratarse de localizaciones conflictivas se consideraron de particular interés.

Para llevar a cabo este objetivo se han realizado medidas utilizando el llamado método de los nueve puntos, especificado en la ITC-EA-07 del Reglamento de eficiencia energética del alumbrado exterior, que es un método estándar y preciso con el que se obtienen resultados que se pueden tratar fácilmente para sacar conclusiones. Este es el mismo método usado el curso pasado por lo que las medidas pueden ser fácilmente comparables.

No obstante, el trabajo de campo para coleccionar los datos (que ha sido realizado en equipo con Roque Ruiz) requiere tiempo y, al aplicarse sobre un par de luminarias, queda restringido a una zona localizada de pequeña extensión. Es decir se tiene gran detalle pero en áreas pequeñas.

En la memoria que presenta Roque Ruiz se muestra un novedoso método complementario a éste que permite construir un mapa global que dé cuenta de la situación de la contaminación lumínica global en la UCM, en los campus de Ciudad Universitaria y Somosaguas. Tal mapa dará una visión rápida de la eficiencia lumínica según la zona y podrá servir de base para estudios más detallados como los aquí mostrados si éstos se requieren.

### 3. PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MEDIDAS

#### 3.1. EQUIPO

Para el trabajo de campo se emplearon los siguientes aparatos y utensilios:

• 1 LUXÓMETRO PCE-174	• GPS GARMIN eTrex Legend HCx
• 1 TRÍPODE CULLMANN	• 2 CINTAS MÉTRICA DE 20 m.
• 1 CÁMARA FUJIFILM FINEPIX J10	• CINTA DE CARROCERO



El dispositivo compuesto por luxómetro y trípode está constituido por los mismos elementos que el pasado año; de modo que no es necesaria la recalibración del luxómetro.

### 3.2. MÉTODO DE LOS NUEVE PUNTOS

Para llevar a cabo las medidas a pie de las farolas se empleo el “Método de los nueve puntos” concretado en el B.O.E. por el Ministerio de Industria y Comercio (Págs. 62-64: ITC-EA-07, Mediciones Luminotécnicas en las instalaciones de alumbrado <http://www.boe.es/boe/dias/2008/11/19/pdfs/A45988-46057.pdf>); por el cual es necesario tomar 15 valores por cada par de farolas, creando un rectángulo de longitud la distancia entre las farolas y anchura la de la calzada, dividiéndose la dirección longitudinal en cuatro partes y la transversal en dos; de modo que queden tres líneas de medida con cinco tomas cada una.

Las mediciones se deben realizar colocando el luxómetro fijo en un trípode a 1.5 metros de altura, totalmente paralelo al suelo (para que apunte al cénit) en cada uno de las localizaciones anteriormente explicadas.

Como el proceso es laborioso y dado que se disponía de un equipo de dos personas ideamos un método que podemos resumir en los siguientes pasos:

- 1) Se marcan todos los puntos sobre el suelo. Para ello, se mide la distancia entre las farolas y se calculaba la distancia a la que se encontrarían los puntos.
- 2) Se señalan los puntos con una cruz de cinta adhesiva, de modo que la intersección de las dos partes de ésta coincidiese con la longitud requerida.
- 3) Se procede del mismo modo en la dirección transversal a la calzada iluminada por las farolas, marcando los tres puntos. Y, con la ayuda de los dos últimos puntos de de cada lateral del rectángulo se marcaban las dos líneas longitudinales restantes.
- 4) Una vez marcados todos los puntos se monta el dispositivo experimental (trípode + luxómetro) y, a escala de 400 lux, se realizaban todas las medidas de forma consecutiva.

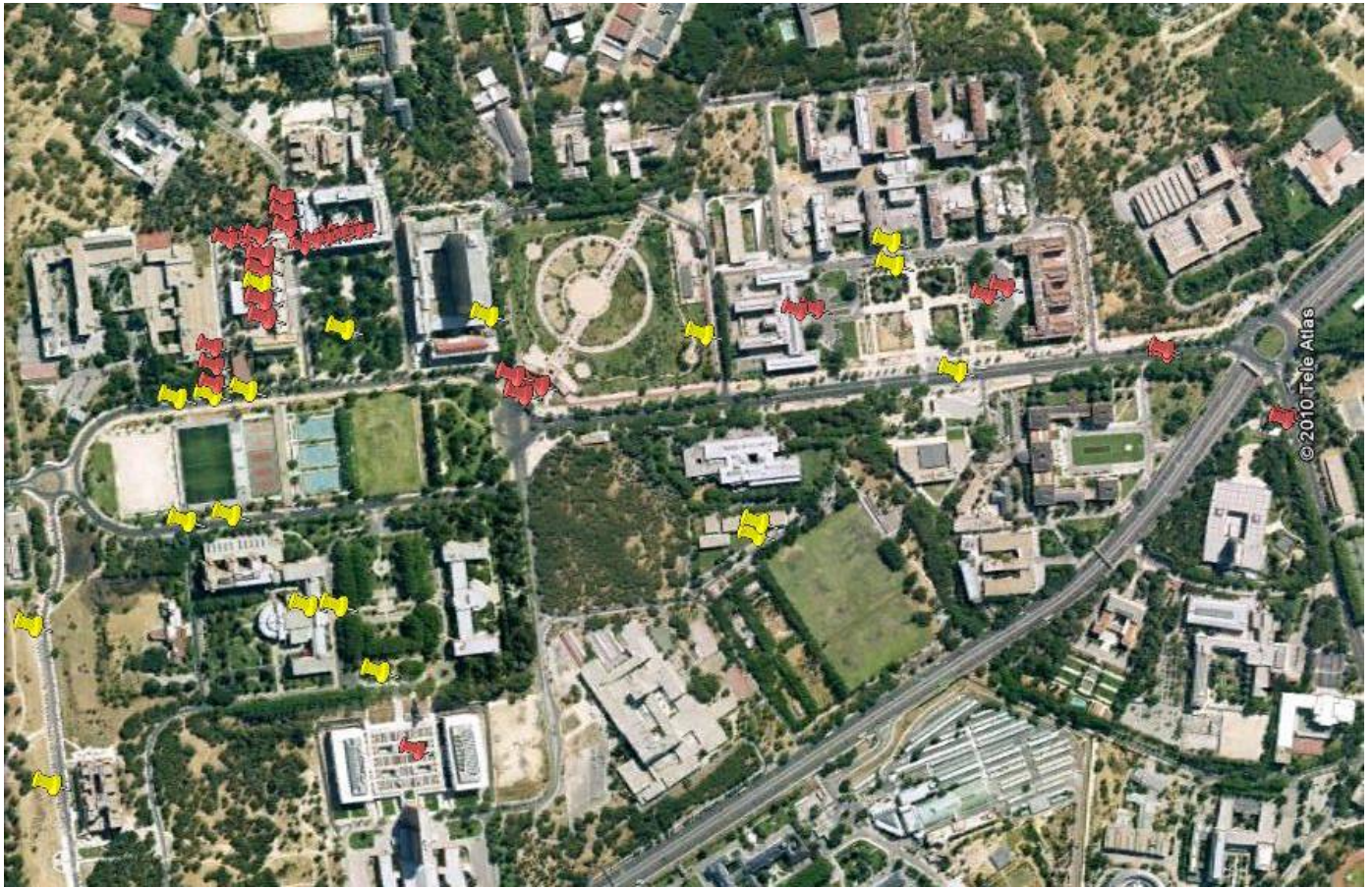
Además se añadió una marca adhesiva en el regulador de altura, de manera que se tendría señalada la altura de 1.5 metros de forma permanente y se colocó una plomada entre las tres patas del trípode para hacer que coincidiese con el punto exacto de medida que se habría marcado con anterioridad.



*FIGURA 3.2.1. Foto compuesta de la toma de datos en el lateral Norte de Químicas.*

Otras recomendaciones que pueden ser útiles en la repetición del trabajo en cursos sucesivos se enumeran a continuación:

- En la línea D se procura tomar las medidas a algo de distancia de las luminarias (aproximadamente 20-30 cm., según el caso).
- En las calzadas poco transitadas y de un único carril se construye el rectángulo con el ancho completo de la calzada. En caso contrario, se suele medir un solo carril de circulación.
- Es importante no interponerse entre los focos de luz y el luxómetro, puesto que se interfiere en la medida, pudiendo provocar que el valor obtenido sea menor que el real (si se produce sombra) o mayor (si se producen reflexiones).
- No es lo mismo medir en una u otra época del año, ya que la frondosidad de las ramas de los árboles difiere mucho de unos meses a otros y esto afecta mucho a las medidas.
- Se ha observado que diferentes condiciones atmosféricas o de edad de la Luna no provocan variaciones significativas en los resultados.

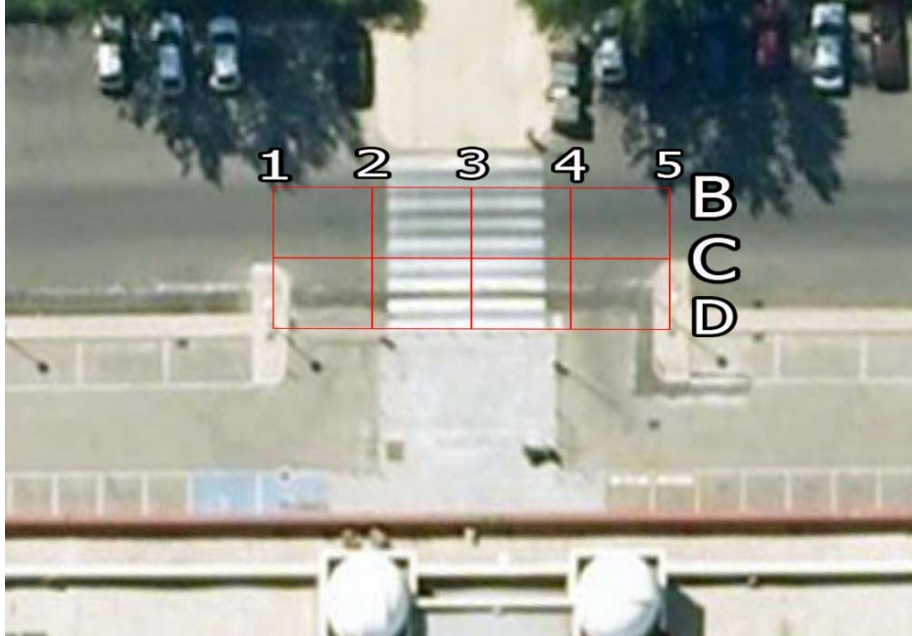


*FIGURA 3.2.2 Mapa con la localización de las zonas medidas dentro del campus de Ciudad Universitaria. El color amarillo indica los grupos de luminarias de los cuales se han repetido las medidas. El rojo, los de las nuevas zonas estudiadas.*

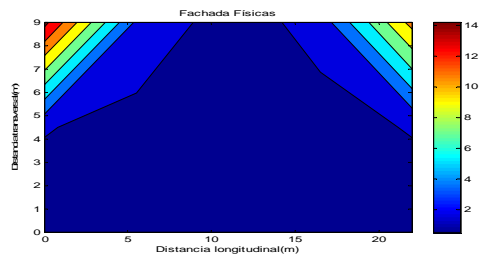
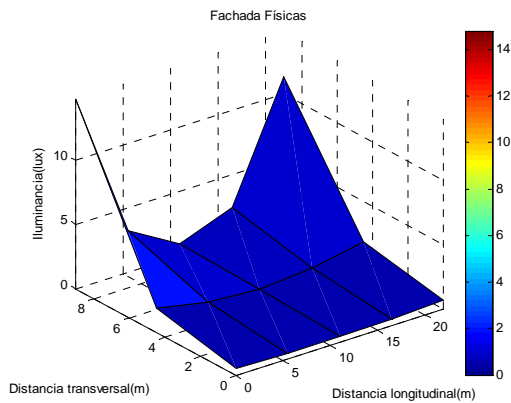
## 4. ANÁLISIS DE DATOS

### 4.1. REPETICIÓN DE LAS MEDIDAS DE 2009

#### 4.1.1 FACHADA DE FÍSICAS



2009

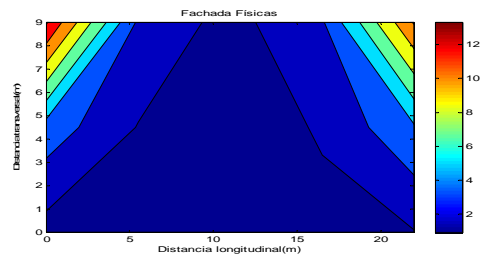
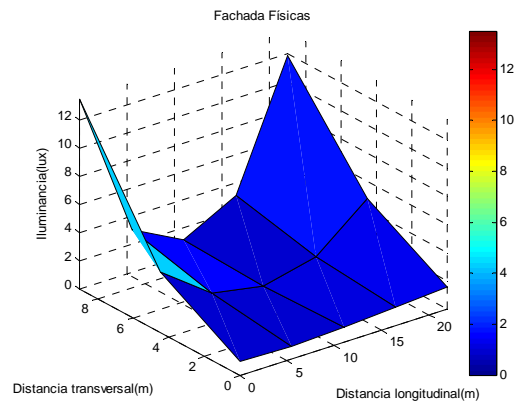


Coordenadas D5: 40°27'02.6"N; 3°43'34.4"W.

D. longitudinal: 21.93 m.

Nº isolíneas: 10

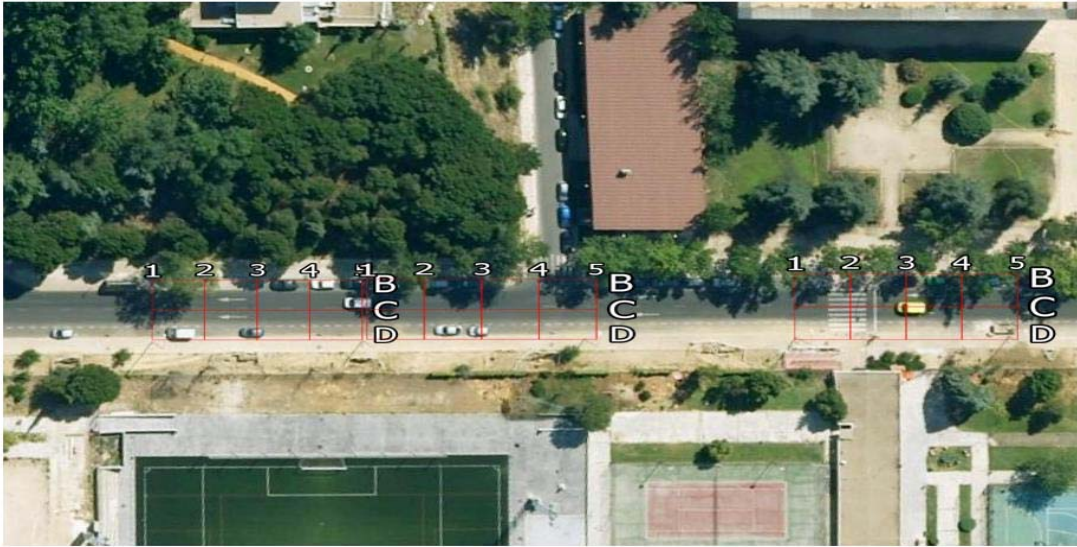
2010



Fecha: 01/03/10

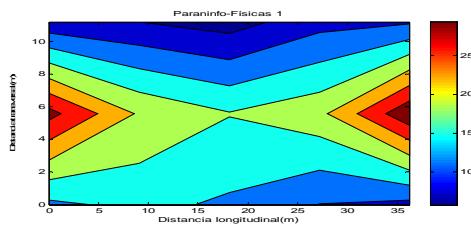
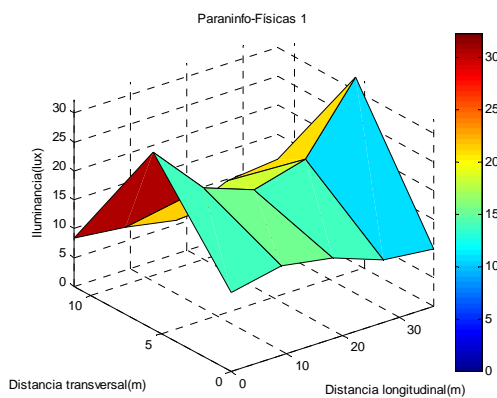
D. transversal: 9 m.

## 4.1.2 PARANINFO-FÍSICAS 1

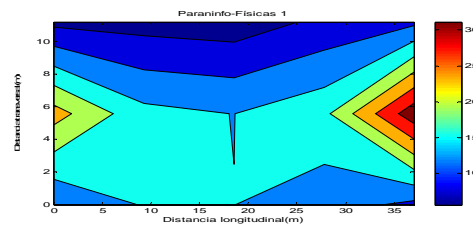
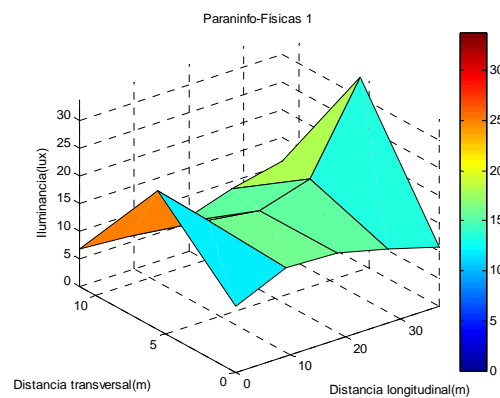


### PARANINFO-FÍSICAS 1

2009



2010



Coordenadas D5: 40°27'02.5"N; 3°43'39.5"W.

D. longitudinal: 37.00 m.

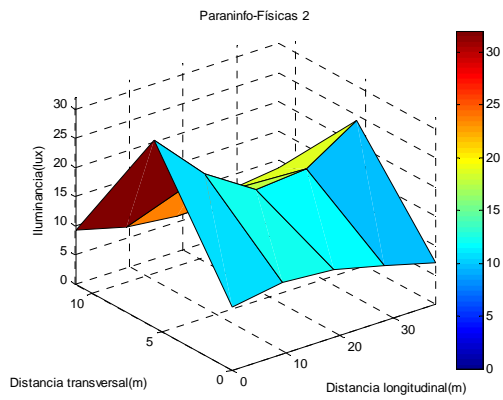
Nº isóneas: 10

Fecha: 01/03/10

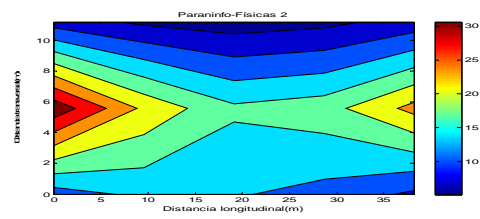
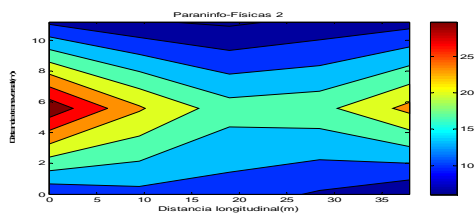
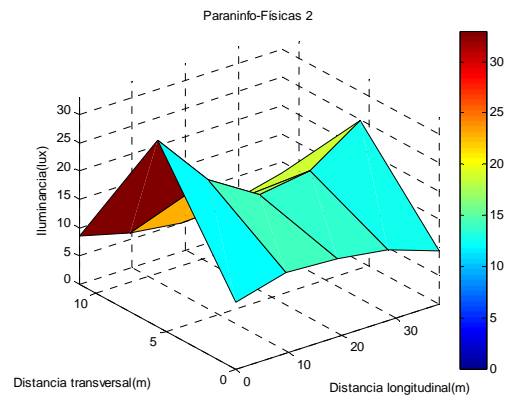
D. transversal: 11.19 m.

# PARANINFO-FÍSICAS 2

2009



2010



Coordenadas D5: 40°27'04.8"N; 3°43'39.9"W.

Fecha: 01/03/10

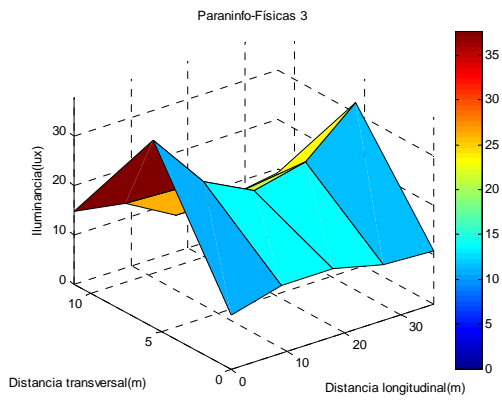
D. longitudinal: 38.15 m.

D. transversal: 11.19 m.

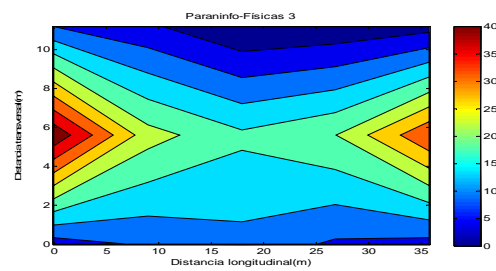
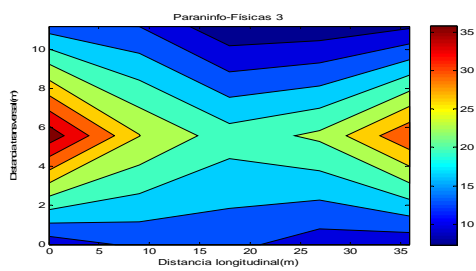
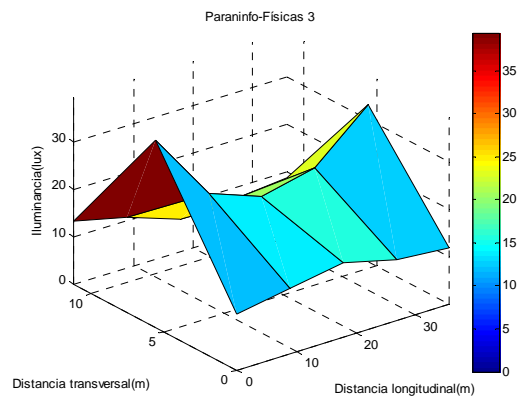
Nº isóneas: 11

# PARANINFO-FÍSICAS 3

2009



2010



Coordenadas D5: 40°27'06.1"N; 3°43'40.1"W.

Fecha: 01/03/10

D. longitudinal: 38.15 m.

D. transversal: 11.19 m.

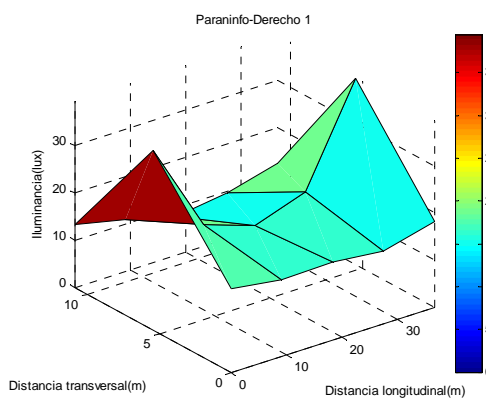
Nº isolíneas: 13

### 4.1.3 PARANINFO-DERECHO

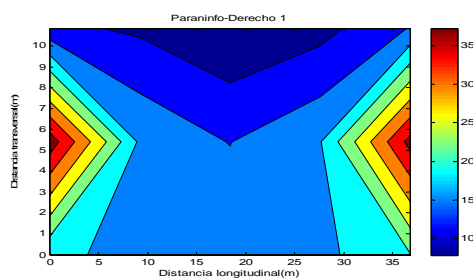
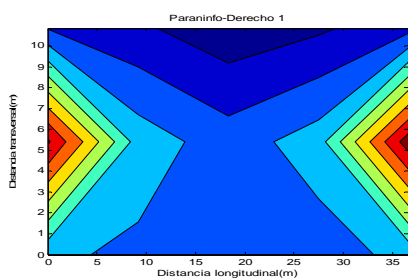
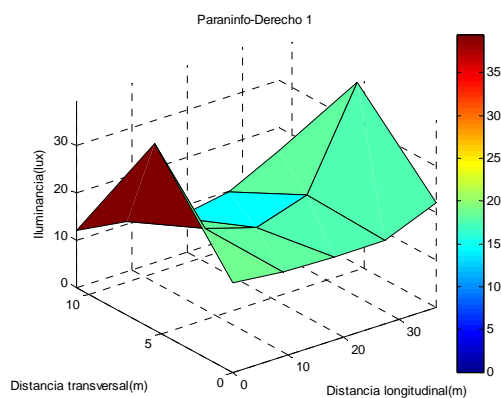


#### PARANINFO-DERECHO 1

2009



2010



Coordenadas D5: 40°27'03.2"N; 3°43'45.5"W.

Fecha: 03/03/10

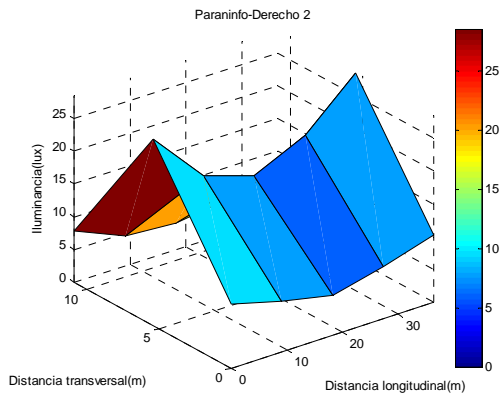
D. longitudinal: 36.72 m.

D. transversal: 10.85 m.

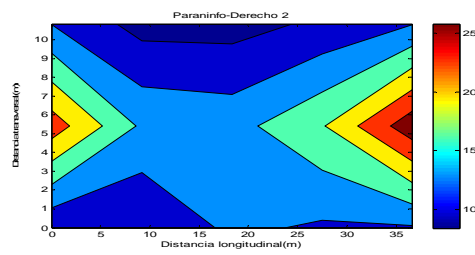
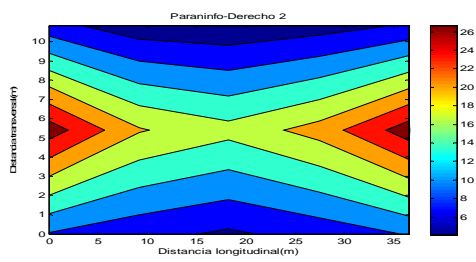
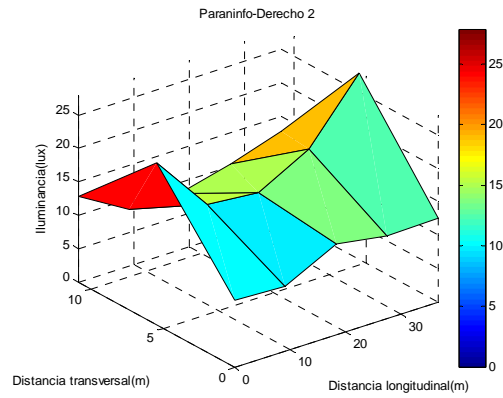
Nº isóneas: 13

# PARANINFO-DERECHO 2

2009



2010



Coordenadas D5: 40°27'04.4"N; 3°43'45.7"W.

Fecha: 03/03/10

D. longitudinal: 36.60 m.

D. transversal: 10.85 m.

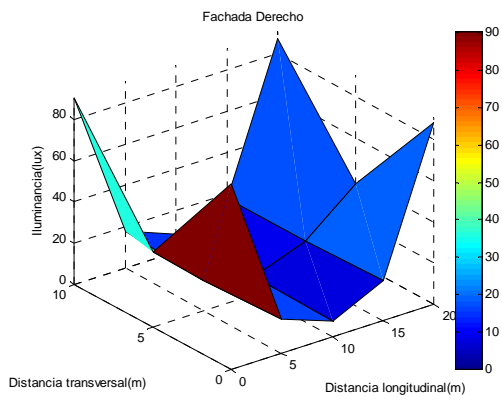
Nº isolíneas: 10

#### 4.1.4 FACHADA DE DERECHO Y PARQUE DE LAS LETRAS 1

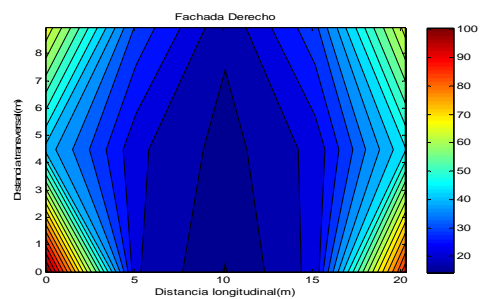
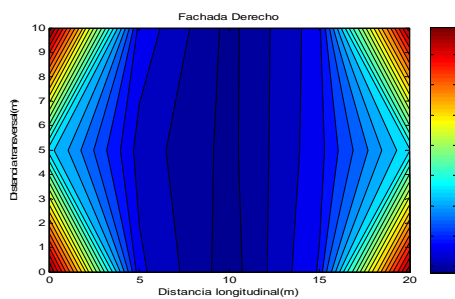
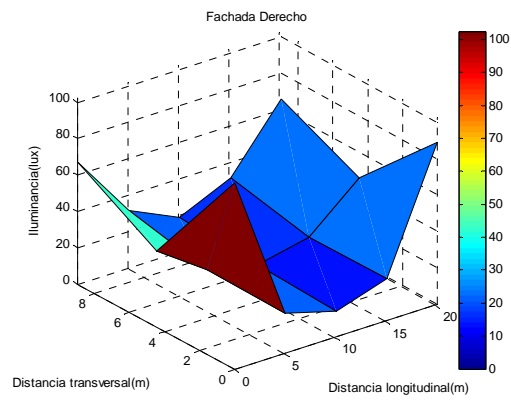


#### FACHADA DE DERECHO (30 Isolíneas)

2009



2010



Coordenadas D5: 40°27'00.8"N; 3°43'51.2"W.

Fecha: 03/03/10

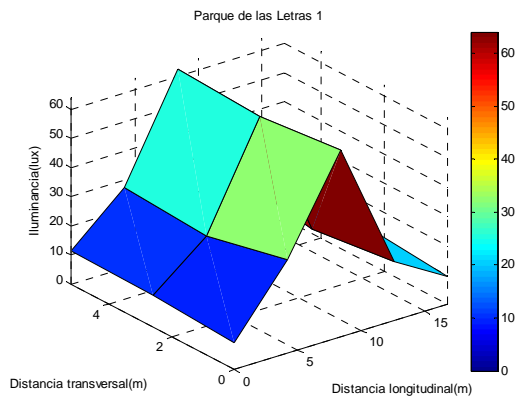
D. longitudinal: 20.28 m.

D. transversal: 8.94 m.

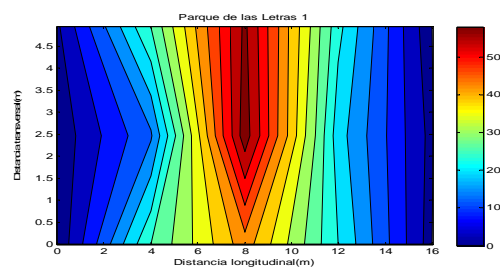
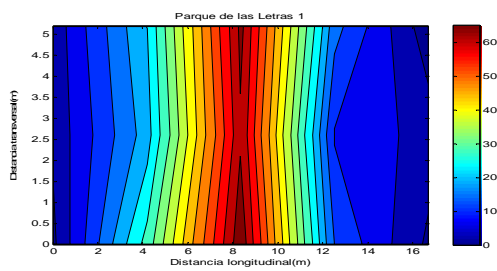
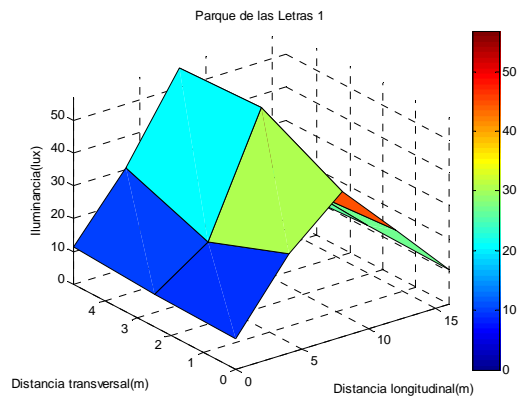
Nº isolíneas: 30

# PARQUE DE LAS LETRAS 1

2009



2010



Coordenadas D5: 40°27'00.0"N; 3°43'50.5"W.

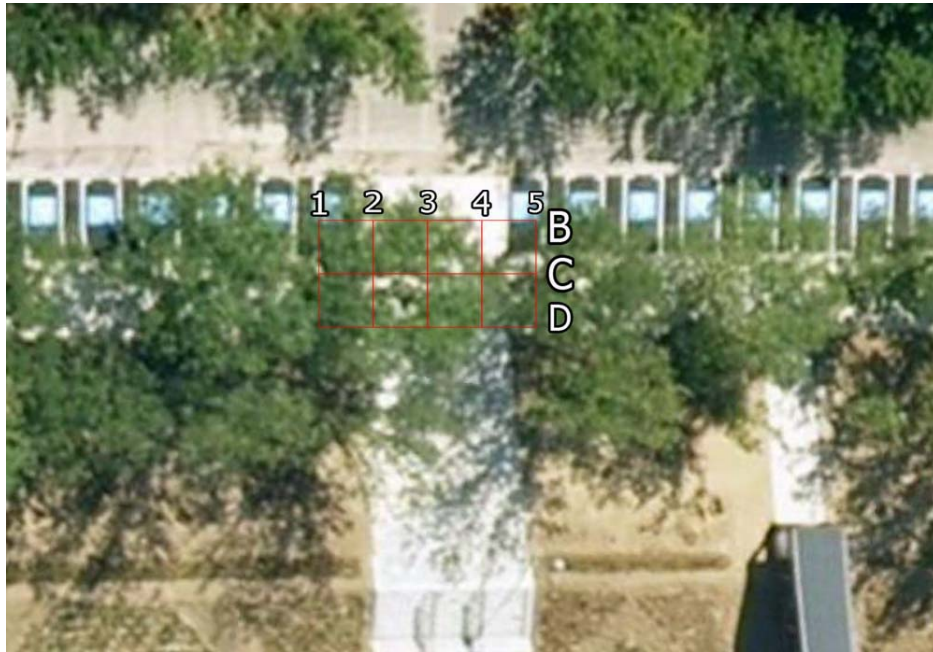
Fecha: 03/03/10

D. longitudinal: 16.00 m.

D. transversal: 4.95 m.

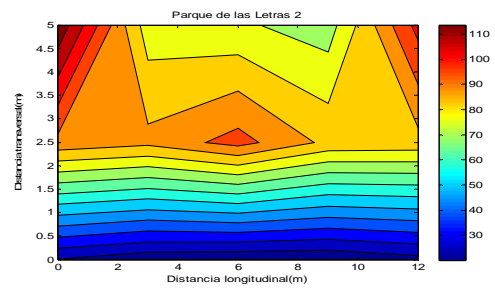
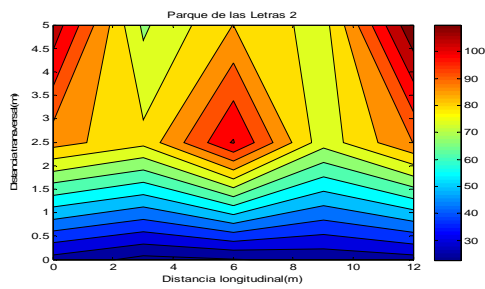
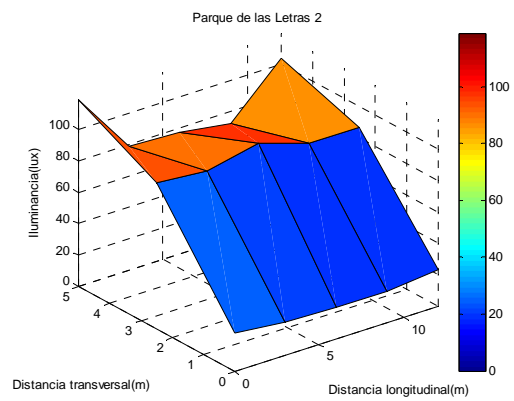
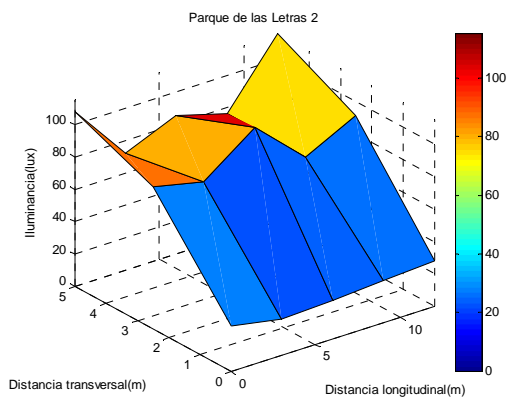
Nº isóneas: 20

### 4.1.5. PARQUE DE LAS LETRAS 2



**2009**

**2010**



Coordenadas D5: 40°26'58.4"N; 3°43'54.8"W.

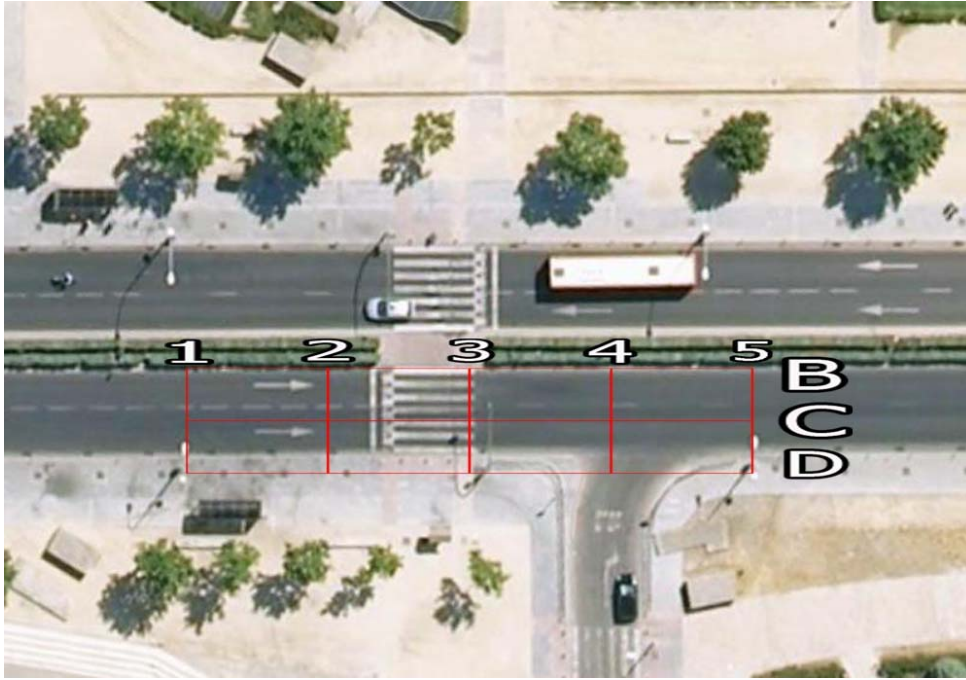
Fecha: 03/03/10

D. longitudinal: 12.00 m.

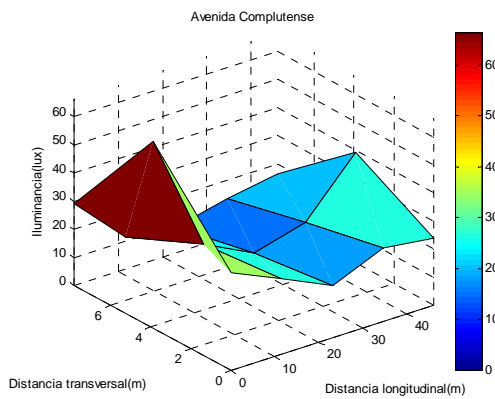
D. transversal: 5.00 m.

Nº isóneas: 20

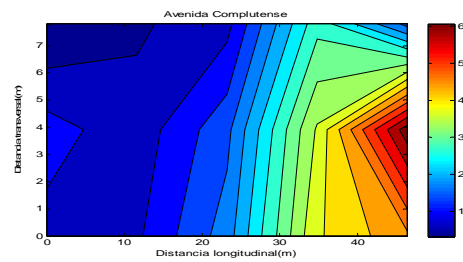
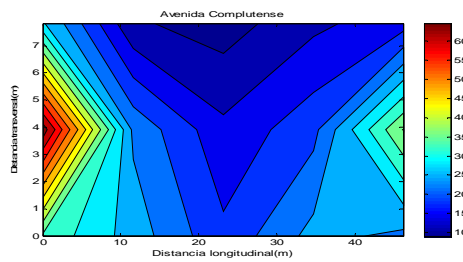
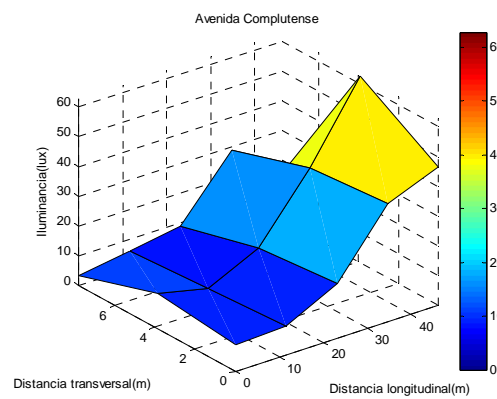
## 4.1.6 AVENIDA COMPLUTENSE



2009



2010



Coordenadas D5: 40°26'34.5"N; 3°43'37.8"W.

Fecha: 17/03/10

D. longitudinal: 46.30 m.

D. transversal: 7.80 m.

Nº isóneas: 20

La luminaria en la posición D1 tenía el foco superior apagado (\*Ver apartado 5).

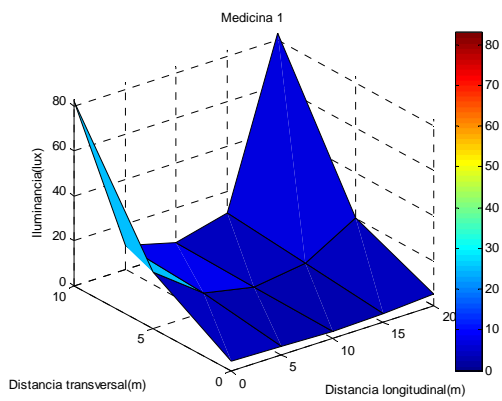
Se observa una gran fluctuación del valor registrado bajo las farolas al variar levemente la posición.

### 4.1.7 FACULTAD DE MEDICINA 1, 2

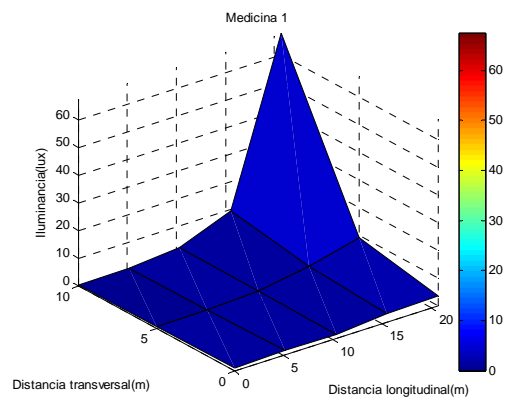


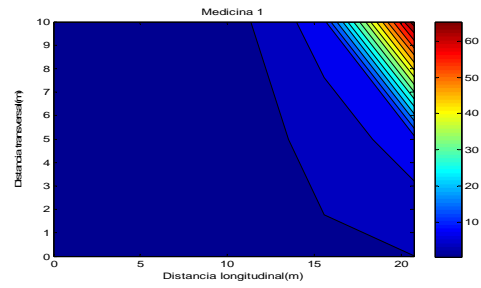
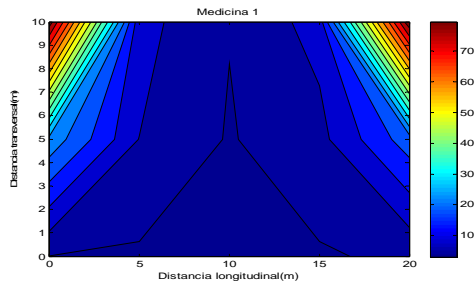
### FACULTAD DE MEDICINA 1

2009



2010





Coordenadas D5: 40°26'38.3"N; 3°43'31.2"W.

Fecha: 16/03/10

D. longitudinal: 20.70 m.

D. transversal: 10.00 m.

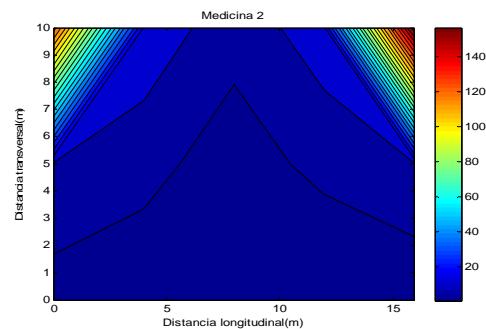
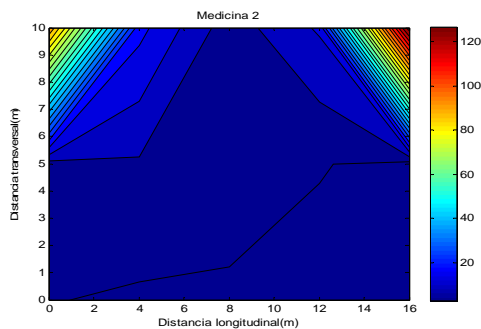
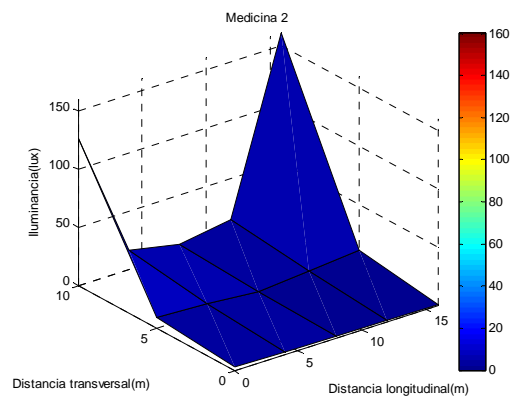
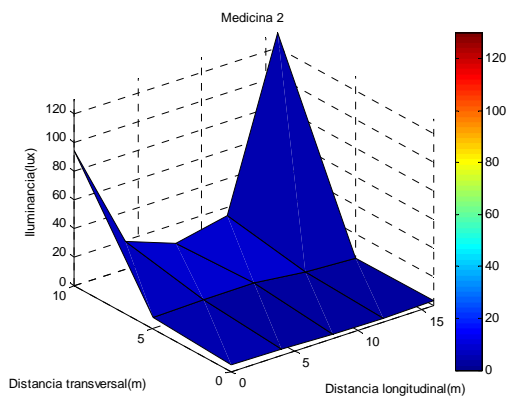
Nº isolíneas: 20

La farola en D1, al igual que la de Avenida Complutense se encontraba fundida. (\*Ver apartado 5).

### FACULTAD DE MEDICINA 2

2009

2010



Coordenadas D5: 40°26'37.7"N; 3°43'32.0"W.

Fecha: 16/03/10

D. longitudinal: 15.91 m.

D. transversal: 10.00 m.

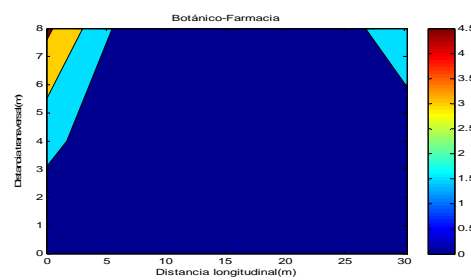
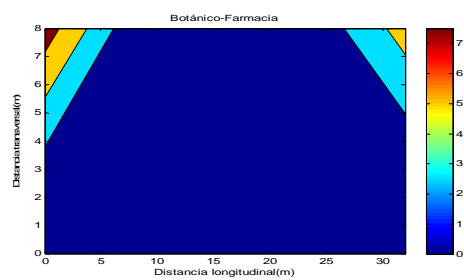
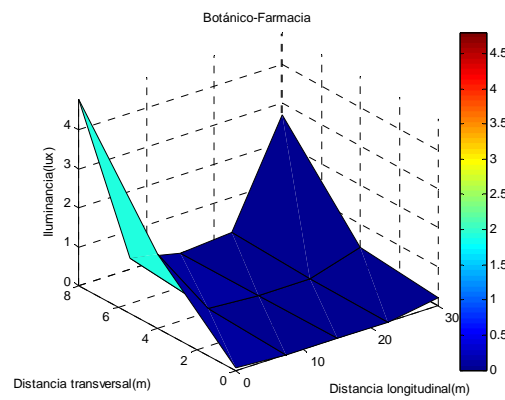
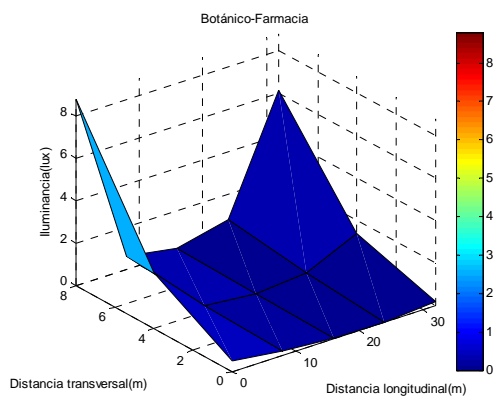
Nº isolíneas: 30

### 4.1.8 BOTÁNICO-FARMACIA



2009

2010



Coordenadas D5: 40°26'45.5"N; 3°43'34.1"W.

Fecha: 17/03/10

D. longitudinal: 30.18 m.

D. transversal: 8.00 m.

Nº isóneas: 5

#### 4.1.9 BOTÁNICO-BIOLÓGICAS

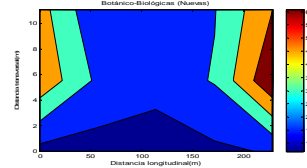
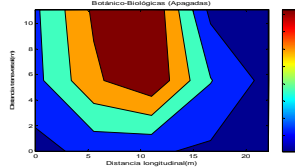
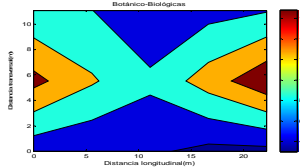
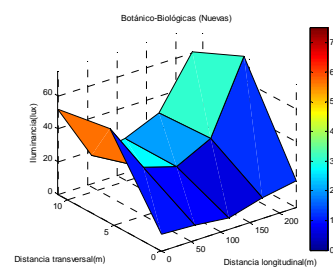
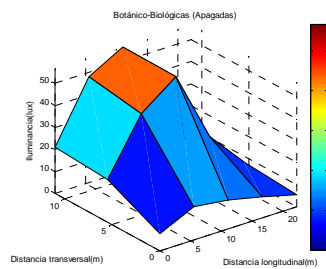
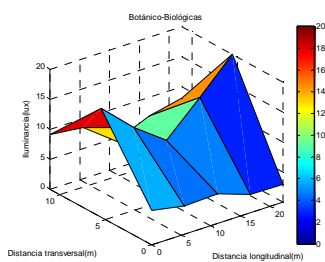


2009

2010

Antiguas

Nuevas



Puesto que las luminarias antiguas se encontraban ya apagadas, realizamos una toma de medidas en las posiciones de éstas, y otra en las farolas del nuevo alumbrado más cercanas.

#### Luminarias antiguas/nuevas:

Coordenadas D5: 40°26'54.3"N; 3°43'34.6"W.

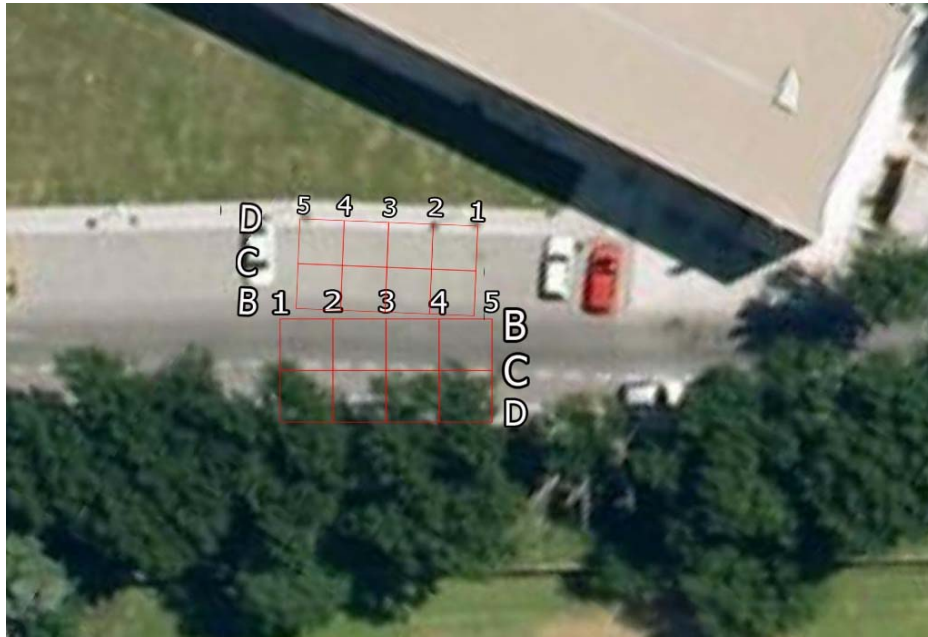
Fecha: 15/04/10

D. longitudinal: 28.19 m. /28.80 m.

D. transversal: 11.08 m.

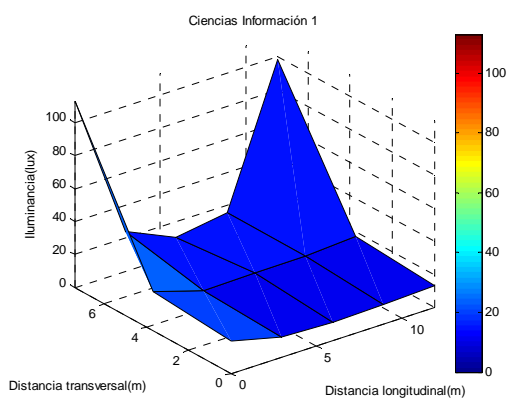
Nº isólinas: 6

## 4.1.10 FACULTAD DE C.C. DE LA INFORMACIÓN 1, 2

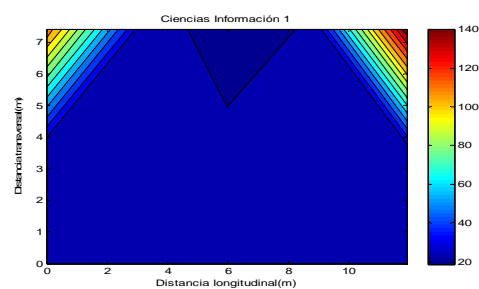
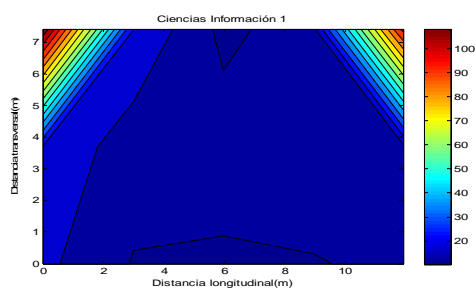
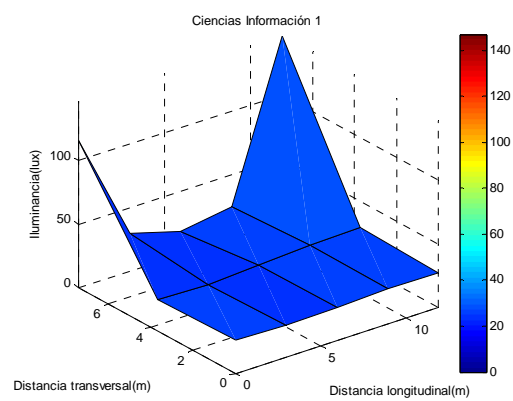


### C.C. DE LA INFORMACIÓN 1

2009



2010



Coordenadas D5: 40°26'43.1"N; 3°43'46.6"W.

Fecha: 25/03/10

D. longitudinal: 11.90 m.

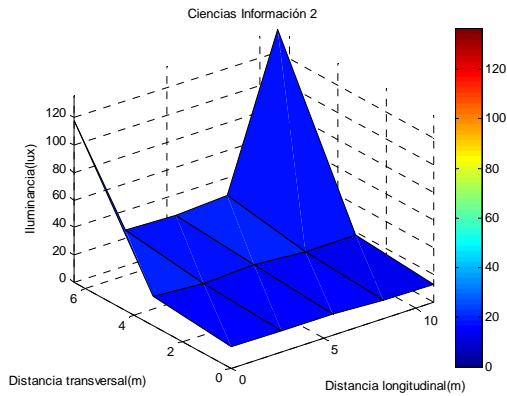
D. transversal: 7.42 m.

Nº isolíneas: 20

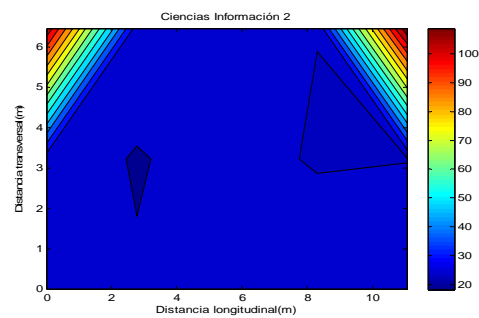
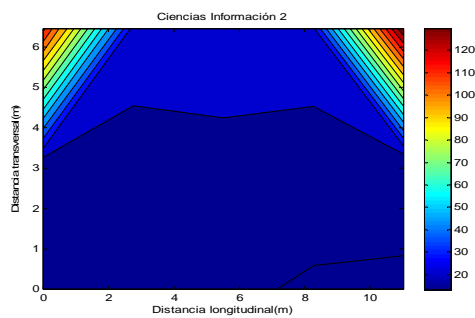
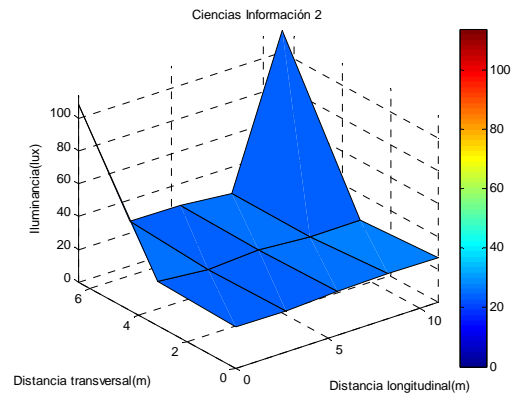
Al lado de la luminaria D5 hay una farola que se enciende y se apaga de forma intermitente.

## C.C. LA INFORMACIÓN 2

2009



2010



Coordenadas D5: 40°26'43.7"N; 3°43'46.4"W.

Fecha: 25/03/10

D. longitudinal: 11.05 m.

D. transversal: 6.47 m.

Nº isóneas: 20

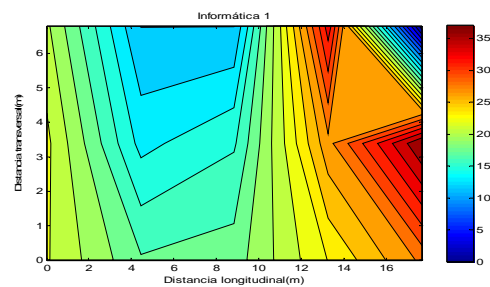
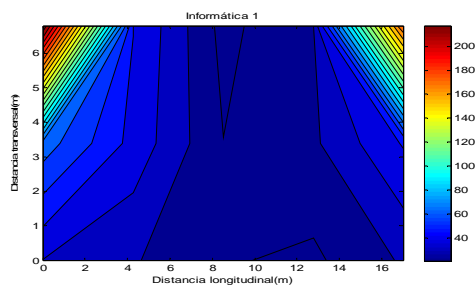
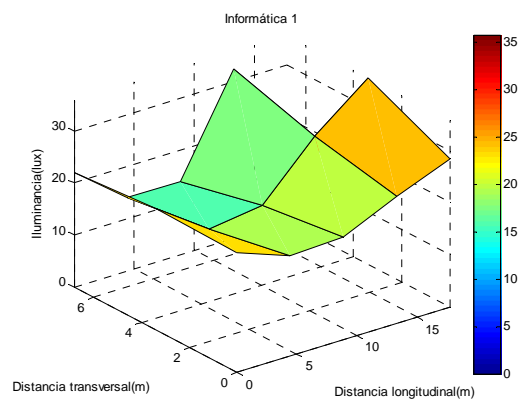
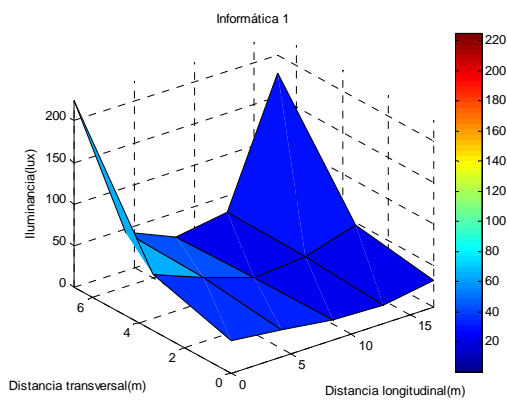
Al lado de la luminaria D5 hay una farola apagada, y la siguiente también se enciende y se apaga. Las distintas farolas que están funcionando mal se reflejan en los vidrios de la facultad y perturban las medidas.

### 4.1.11 FACULTAD DE INFORMÁTICA 1



2009

2010



Coordenadas D5: 40°27'11.5"N; 3°43'59.6"W.

Fecha: 23/03/10

D. longitudinal: 17.70 m.

D. transversal: 6.80 m.

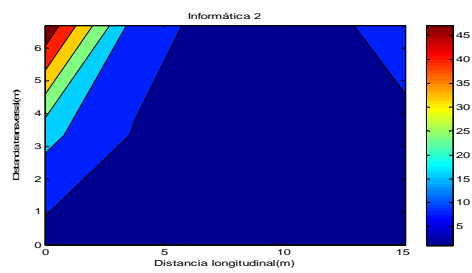
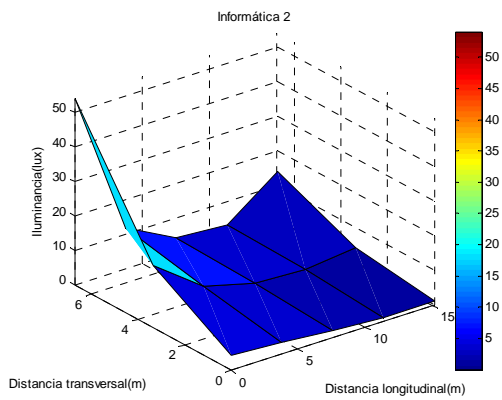
Nº isolíneas: 30

En esta zona se encuentra instalado el nuevo alumbrado, pero no están en funcionamiento ni el antiguo ni el nuevo. La luz medida proviene exclusivamente de los focos de la fachada de la facultad y un par de farolas en la entrada.

## 4.1.12 FACULTAD DE INFORMÁTICA 2



2009

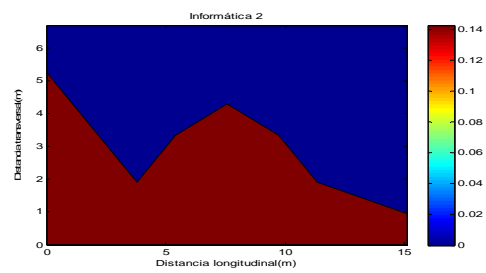
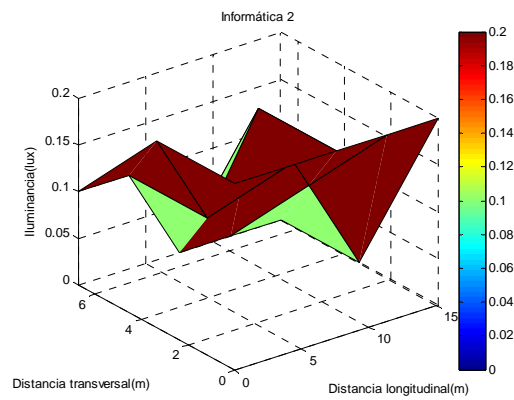


Coordenadas D5: 40°27'12.1"N; 3°43'53.1"W.

D. longitudinal: 15.20 m.

Nº isolíneas: 8

2010



Fecha: 23/03/10

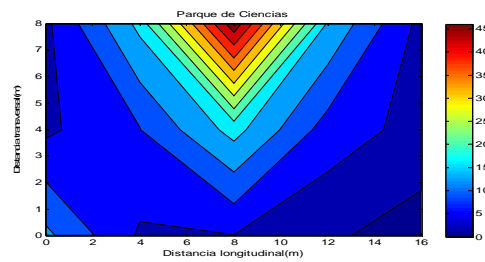
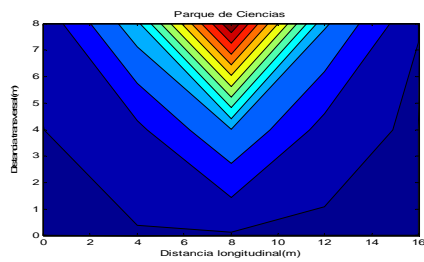
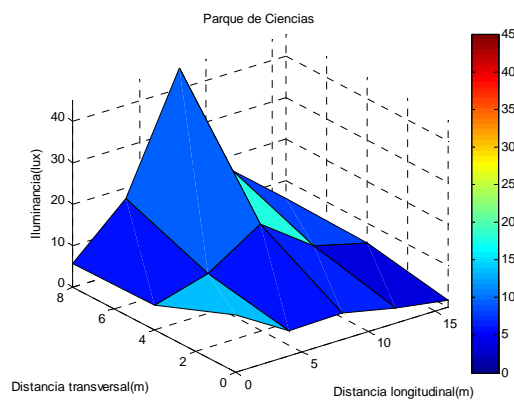
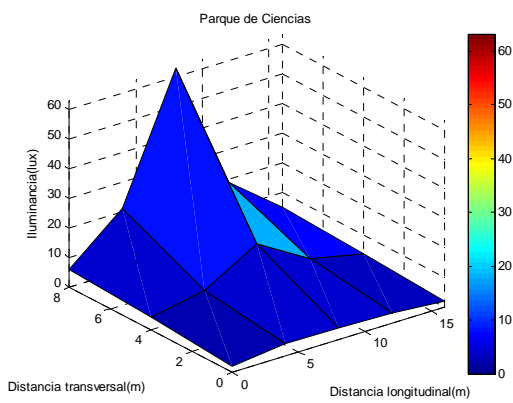
D. transversal: 6.70 m.

### 4.1.13 PARQUE DE LAS CIENCIAS



2009

2010



Coordenadas D5: 40°27'00.1"N; 3°43'36.0"W.

Fecha: 10/05/10

D. longitudinal: 16.00 m.

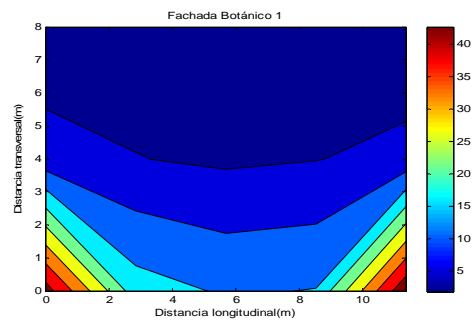
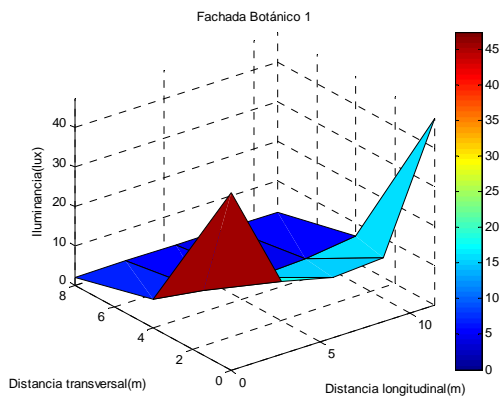
D. transversal: 8.00 m.

Nº isóneas: 15

## 4.2. EXTENSIÓN A NUEVAS ZONAS

Para la elección de los nuevos puntos de medida se ha hecho especial hincapié en las zonas con una excesiva iluminación, en regiones del campus que quedaron fuera del estudio de 2009 y en todo el entorno de la Facultad de Ciencias Físicas, donde se encuentra ubicado el Observatorio UCM.

### 4.2.1 ENTRADA DEL JARDÍN BOTÁNICO



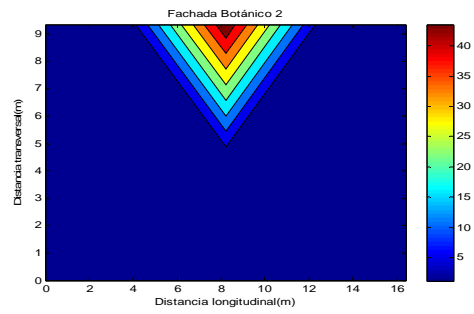
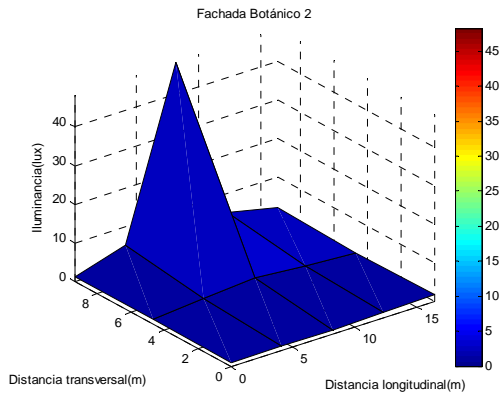
#### Grupo 1:

Coordenadas D5: 40°26'52.8"N; 3°43'38.6"W.

Fecha: 25/03/10

D. longitudinal: 11.34 m.

D. transversal: 8.00 m.



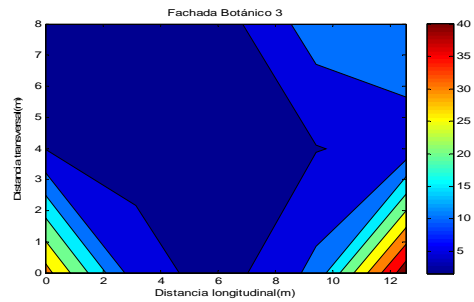
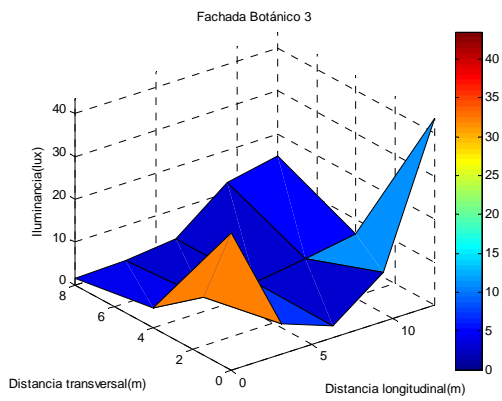
**Grupo 2:**

Coordenadas D5: 40°26'52.6"N; 3°43'39.0"W.

D. longitudinal: 16.40 m.

Fecha: 25/03/10

D. transversal: 9.35 m.



**Grupo 3:**

Coordenadas D5: 40°27'52.6"N; 3°43'38.7"W.

D. longitudinal: 12.55 m.

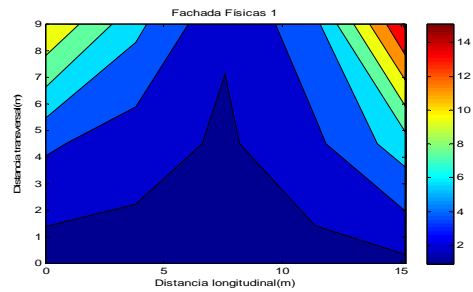
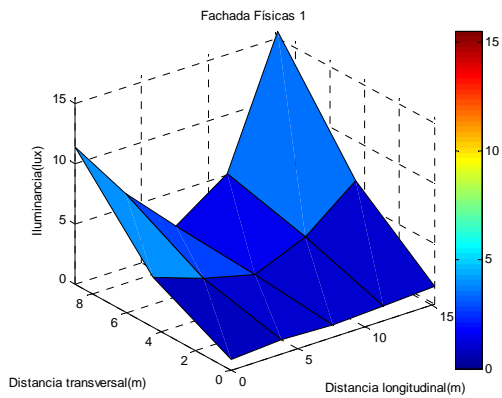
Fecha: 25/03/10

D. transversal: 8.00 m.

## 4.2.2 FACHADA SUR FÍSICAS



De izquierda a derecha en la imagen:



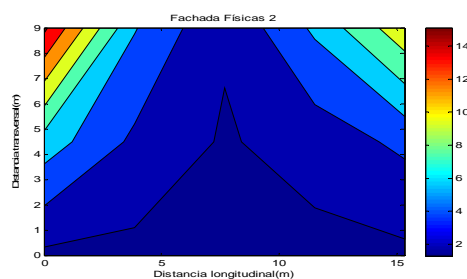
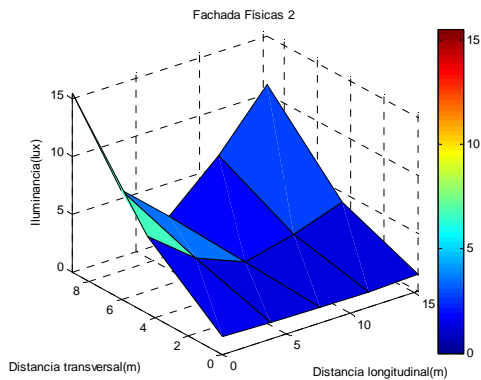
Coordenadas D5: 40°27'02.5"N; 3°43'35.0"W.

Fecha: 25/04/10

D. longitudinal: 15.20 m.

D. transversal: 9.00 m.

Existe una distancia de 1.17 m. entre la posición D5 de esta par y la D1 del siguiente, ya que está sobre la acera.



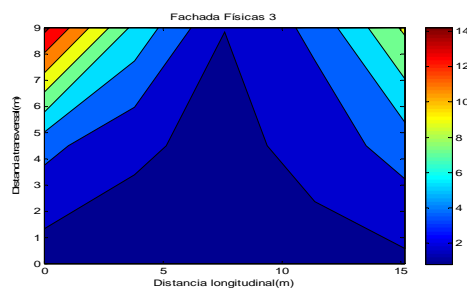
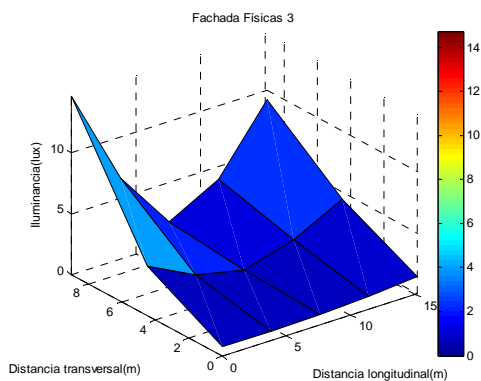
Coordenadas D5: 40°27'02.6"N; 3°43'34.4"W.

Fecha: 25/04/10

D. longitudinal: 15.30 m.

D. transversal: 9.00 m.

Entre este par y el siguiente se sitúan las luminarias centrales que se midieron en primer lugar.



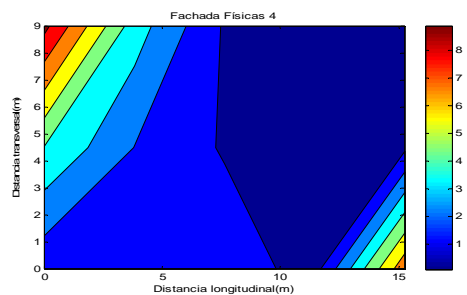
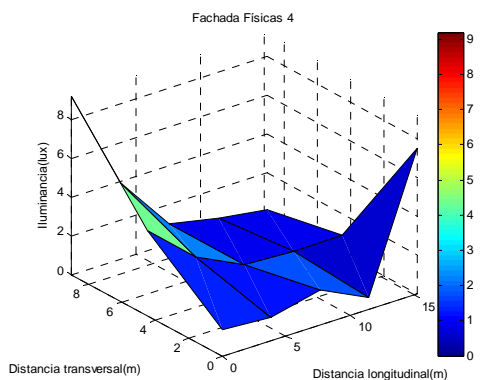
Coordenadas D5: 40°27'02.8"N; 3°43'32.8"W.

Fecha: 25/04/10

D. longitudinal: 15.15 m.

D. transversal: 9.00 m.

Existe una distancia de 1.20 m. entre la posición D5 de esta par y la D1 del siguiente, ya que está sobre la acera.



Coordenadas D5: 40°27'02.9"N; 3°43'32.1"W.

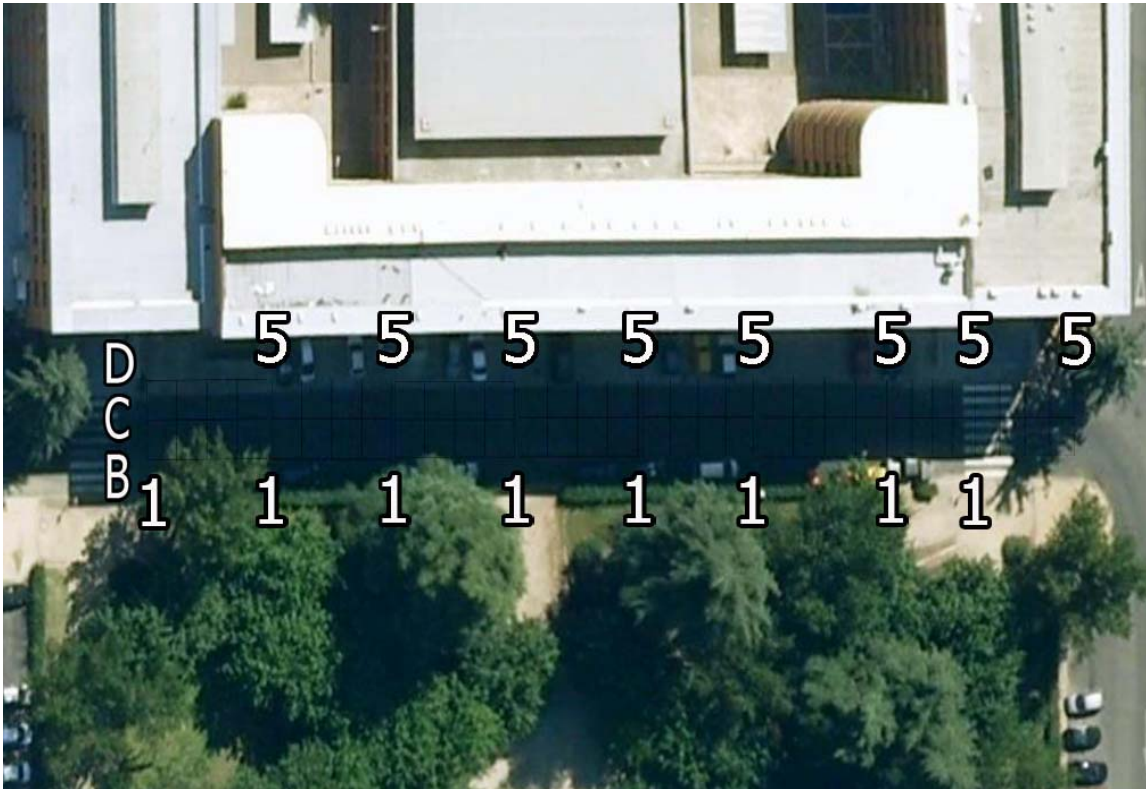
Fecha: 25/04/10

D. longitudinal: 15.25 m.

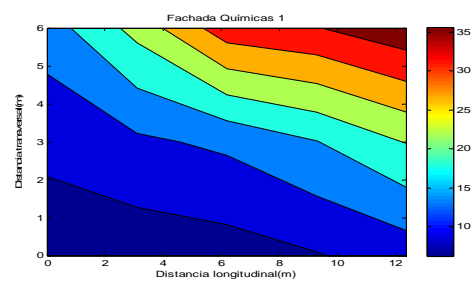
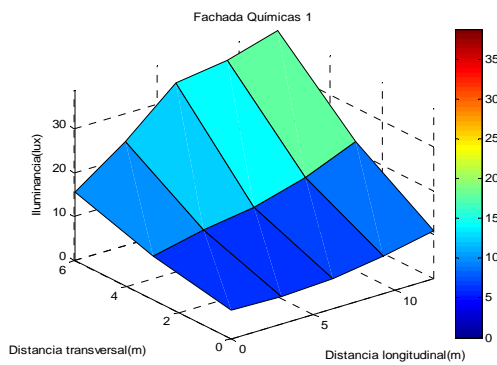
D. transversal: 9.00 m.

La luminaria de la posición D5 está apagada.

### 4.2.3 FACHADA OESTE QUÍMICAS



En este caso, se excluye de las medidas el foco ubicado más al Norte por estar oculto tras un árbol. La distancia entre la línea D de toma de datos y la pared frontal de la facultad es de 5.06 m. Los resultados de izquierda a derecha:

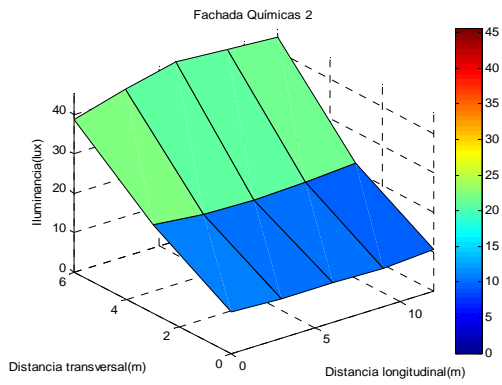


Coordenadas D5: 40°27'01.5"N; 3°43'31.8"W.

Fecha: 25/04/10

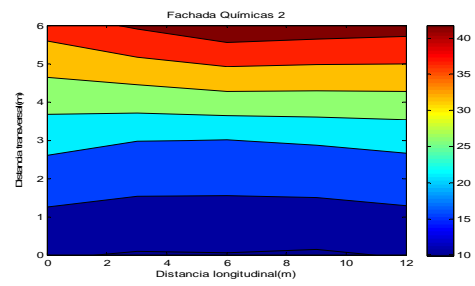
D. longitudinal: 12.35 m.

D. transversal: 6.00 m.



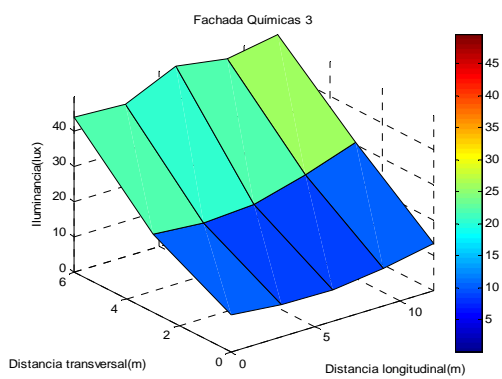
Coordenadas D5: 40°27'01.2"N; 3°43'31.7"W.

D. longitudinal: 12 m.



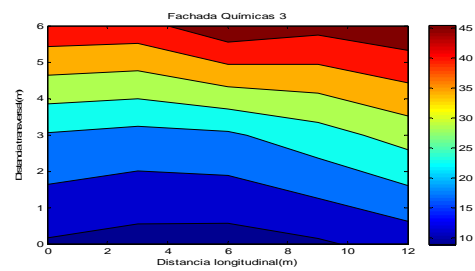
Fecha: 25/04/10

D. transversal: 6.00 m.



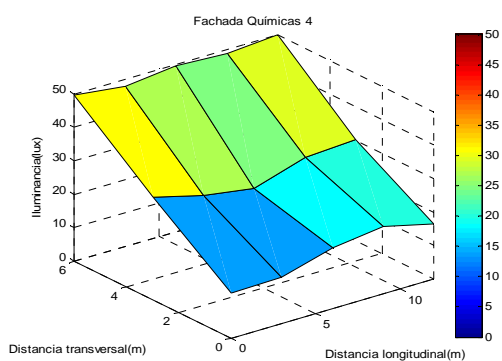
Coordenadas D5: 40°27'00.8"N; 3°43'31.6"W.

D. longitudinal: 12 m.



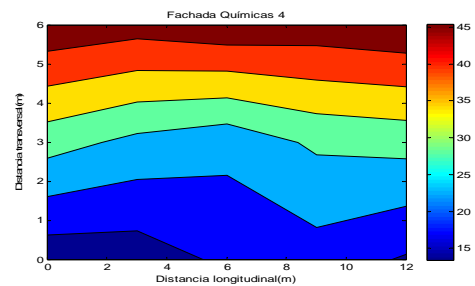
Fecha: 25/04/10

D. transversal: 6.00 m.



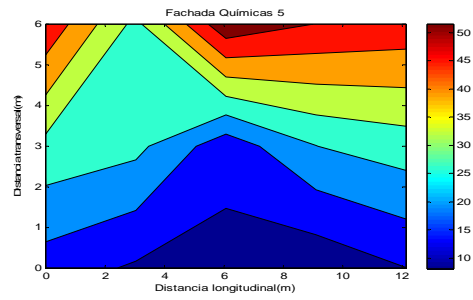
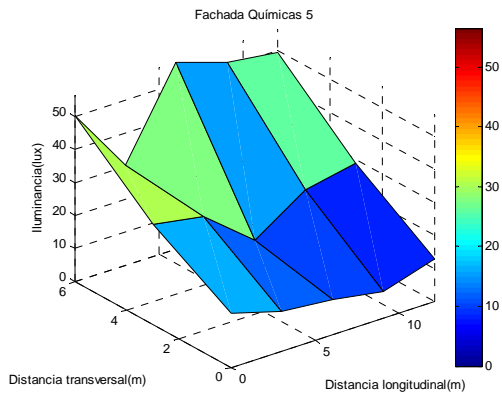
Coordenadas D5: 40°27'00.3"N; 3°43'31.6"W.

D. longitudinal: 12 m.



Fecha: 25/04/10

D. transversal: 6.00 m.



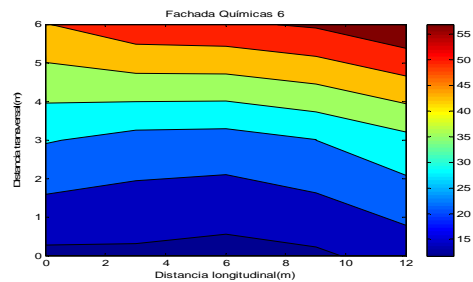
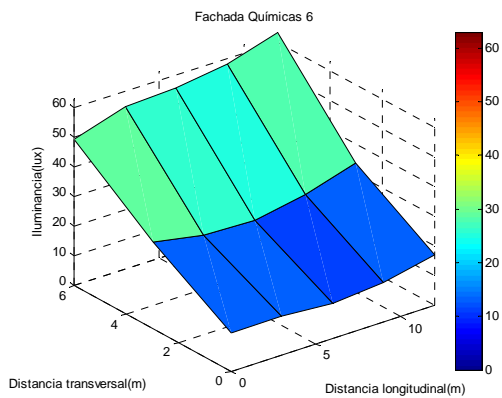
Coordenadas D5: 40°27'00.0"N; 3°43'31.5"W.

Fecha: 25/04/10

D. longitudinal: 12.10 m.

D. transversal: 6.00 m.

En las posiciones C3 y C4 las medidas coinciden con la sombra de una farola del nuevo alumbrado ya instalado.

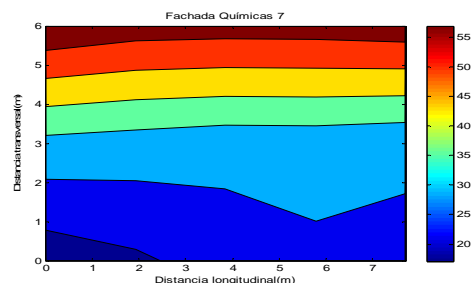
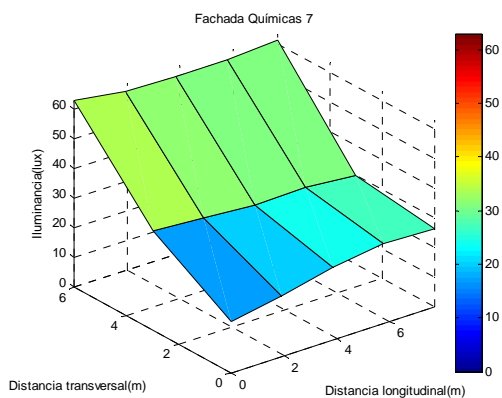


Coordenadas D5: 40°26'59.6"N; 3°43'31.4"W.

Fecha: 25/04/10

D. longitudinal: 12 m.

D. transversal: 6.00 m.

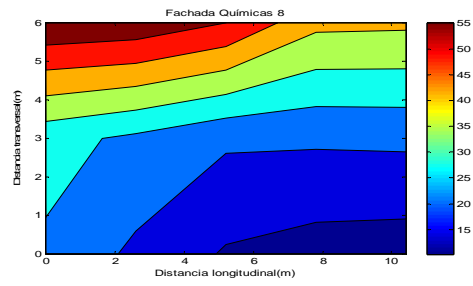
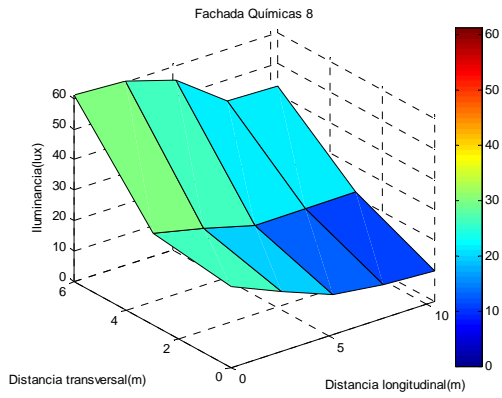


Coordenadas D5: 40°26'59.3"N; 3°43'31.4"W.

Fecha: 25/04/10

D. longitudinal: 7.7 m.

D. transversal: 6.00 m.



Coordenadas D5: 40°26'59.0"N; 3°43'31.4"W.

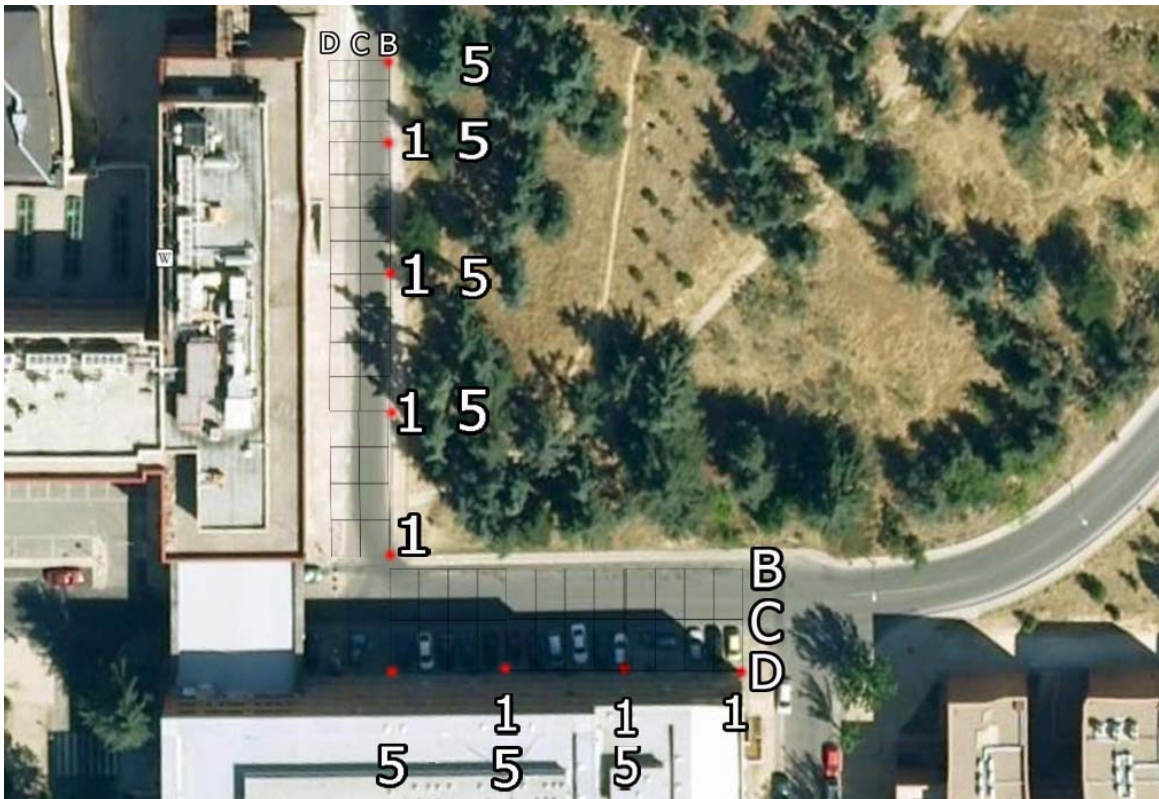
Fecha: 25/04/10

D. longitudinal: 10.40 m.

D. transversal: 6.00 m.

En la posición D4 un árbol oculta la luz del foco.

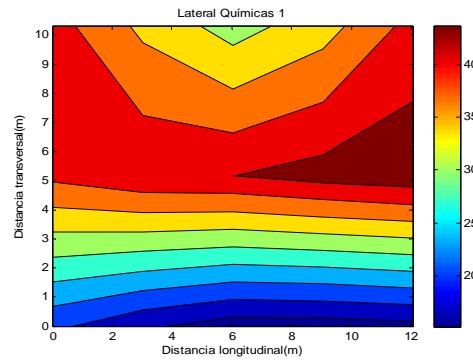
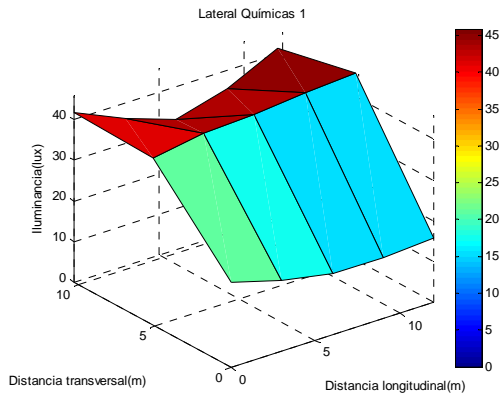
#### 4.2.4 LATERALES NORTE DE QUÍMICAS Y ESTE DE FÍSICAS



En el lateral de Químicas se procede a medir de Oeste a Este, mientras que en el caso del lateral de Físicas se hace de Sur a Norte.

## FACHADA LATERAL NORTE DE QUÍMICAS

Las medidas sobre la línea D se toman a 1.30 m. de la pared y a 0.20 m. de la acera.

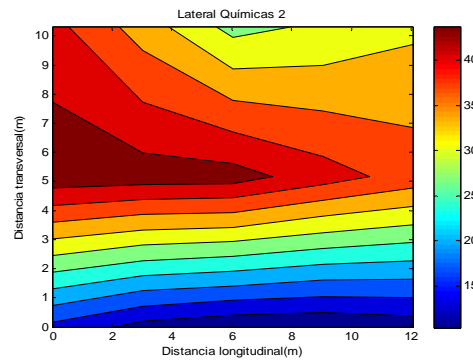
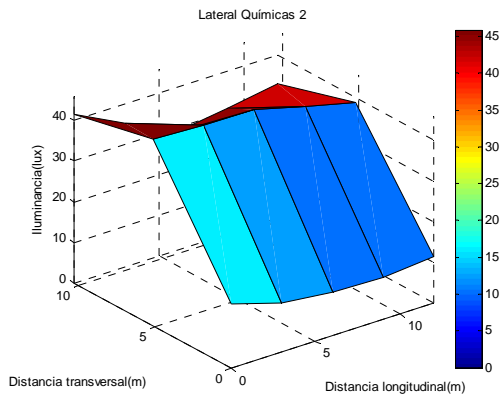


Coordenadas D5: 40°27'02.6"N; 3°43'30.5"W.

Fecha: 06/05/10

D. longitudinal: 12.04 m.

D. transversal: 10.30 m.

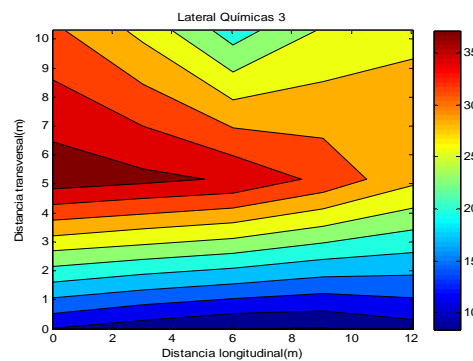
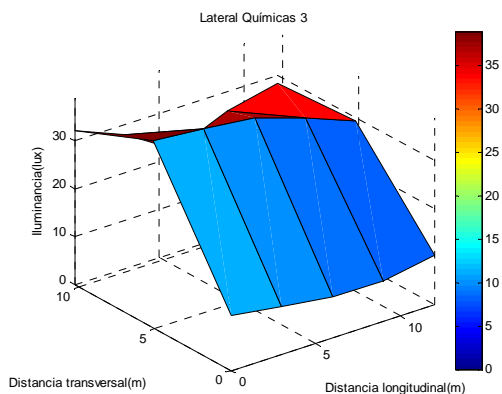


Coordenadas D5: 40°27'02.7"N; 3°43'30.0"W.

Fecha: 06/05/10

D. longitudinal: 12.04 m.

D. transversal: 10.30 m.



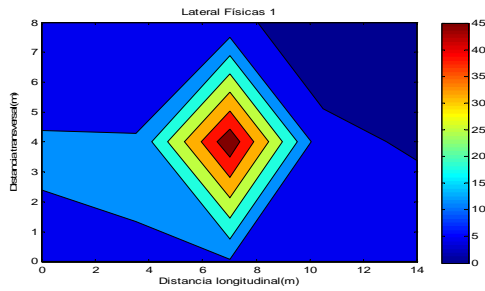
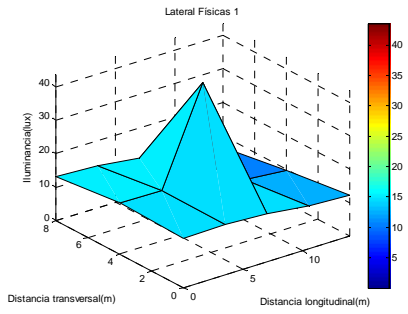
Coordenadas D5: 40°27'02.7"N; 3°43'29.3"W.

Fecha: 06/05/10

D. longitudinal: 12.04 m.

D. transversal: 10.30 m.

## LATERAL DE FÍSICAS

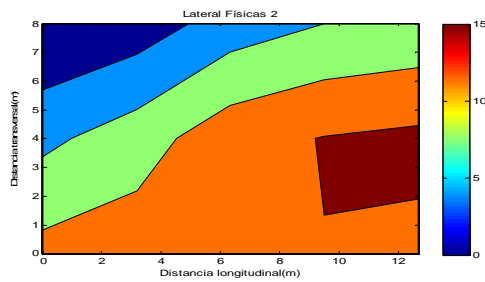
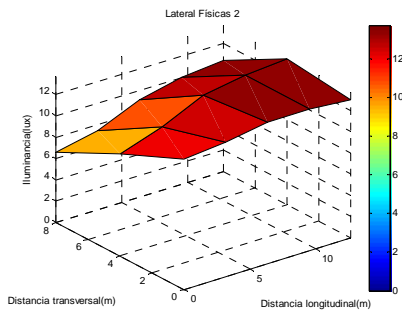


Coordenadas D5: 40°27'03.5"N; 3°43'31.0"W.

Fecha: 06/05/10

D. longitudinal: 14.00 m.

D. transversal: 8.00 m.

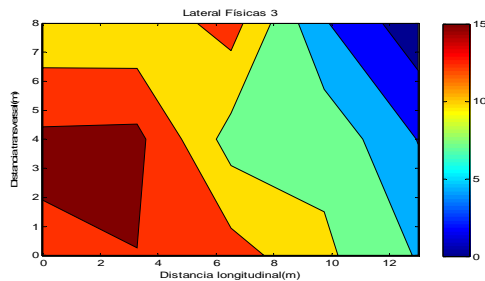
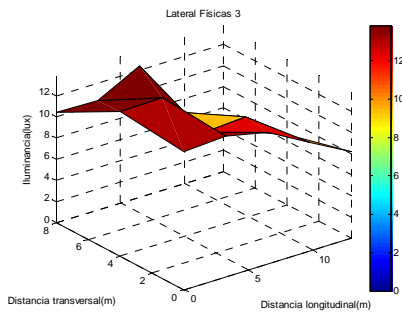


Coordenadas D5: 40°27'04.0"N; 3°43'31.1"W.

Fecha: 06/05/10

D. longitudinal: 12.70 m.

D. transversal: 8.00 m.

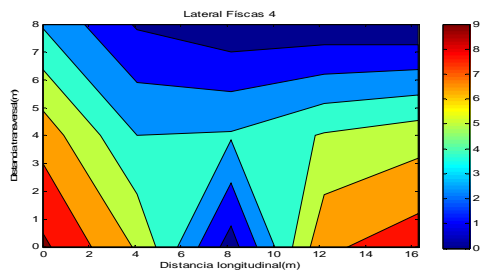
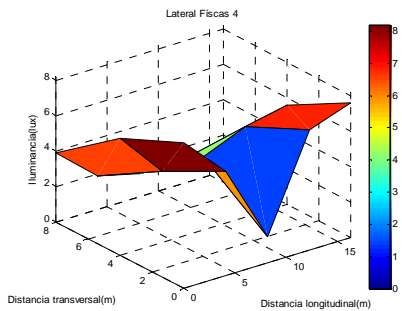


Coordenadas D5: 40°27'04.6"N; 3°43'31.2"W.

Fecha: 06/05/10

D. longitudinal: 13.00 m.

D. transversal: 8.00 m.



Coordenadas D5: 40°27'04.9"N; 3°43'31.3"W.

Fecha: 06/05/10

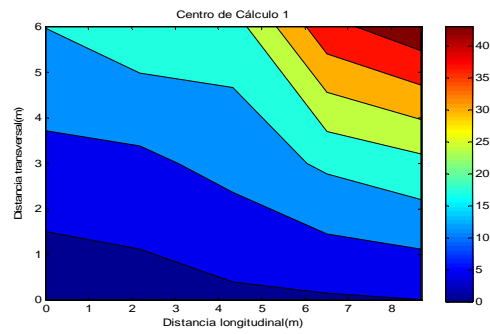
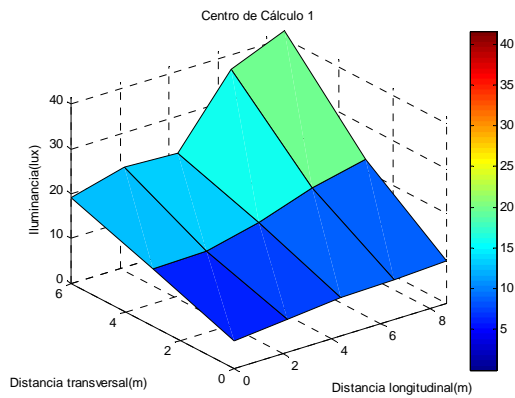
D. longitudinal: 16.30 m.

D. transversal: 8.00 m.

## 4.2.5 CENTRO DE CÁLCULO



Los resultados se muestran de derecha a izquierda:

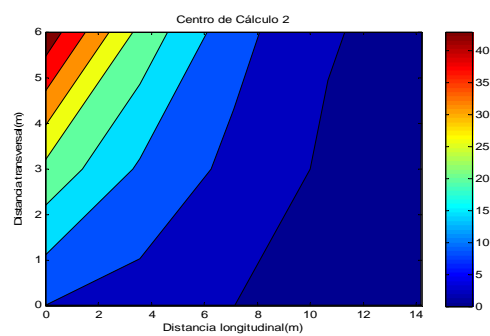
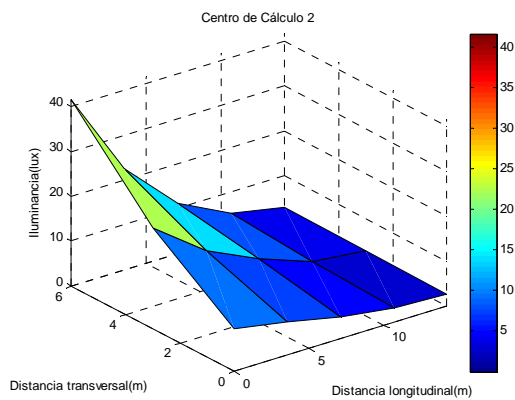


Coordenadas D5: 40°27'05.4"N; 3°43'37.5"W.

Fecha: 10/05/10

D. longitudinal: 8.70 m.

D. transversal: 6.00 m.

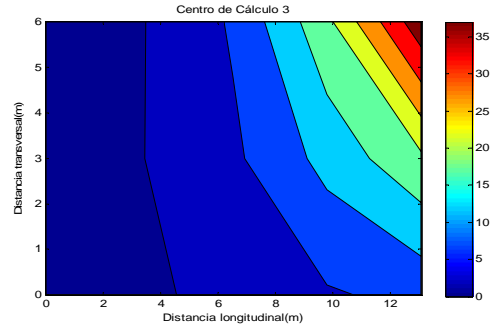
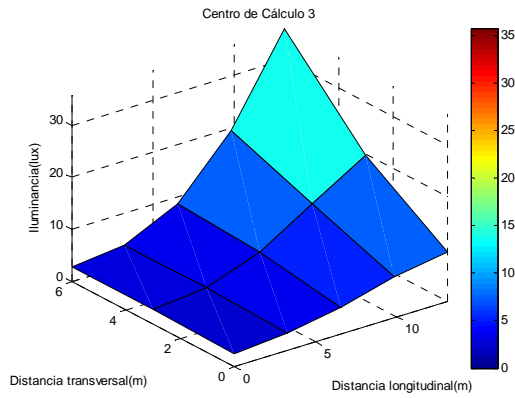


Coordenadas D5: 40°27'05.3"N; 3°43'38.1"W.

Fecha: 10/05/10

D. longitudinal: 14.20 m.

D. transversal: 6.00 m.



Coordenadas D5: 40°27'05.2"N; 3°43'38.7"W.

Fecha: 10/05/10

D. longitudinal: 13.10 m.

D. transversal: 6.00 m.

La línea de medidas D dista aproximadamente 1.35 m. del foco más al Oeste y 6,45 m. del foco más al Este.

El foco asociado a la posición D5 del segundo grupo de medidas, y que se corresponde con la posición D1 del tercero, está apagado.

#### 4.2.6 FARMACIA

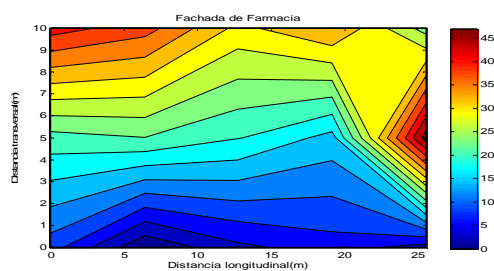
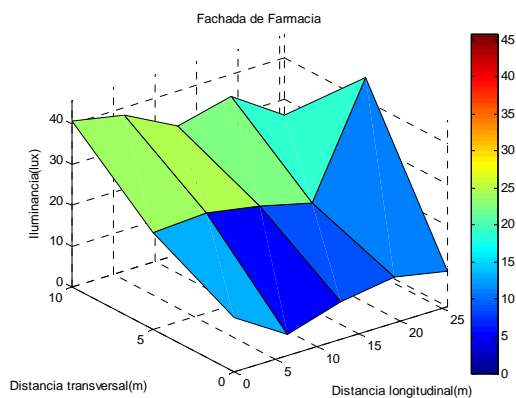


## FACHADA DE FARMACIA

La línea de medidas D dista de la pared del edificio 9.58 m.

Los focos, situados en D1 y D5, poseen orientaciones oblicuas diferentes.

Un árbol afecta a las mediciones en B1 y C1.



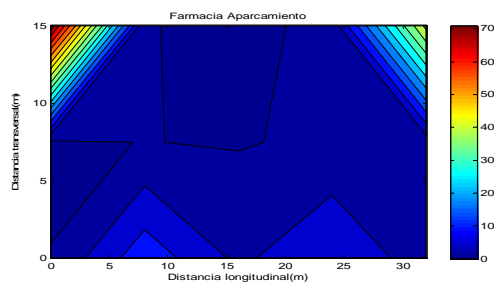
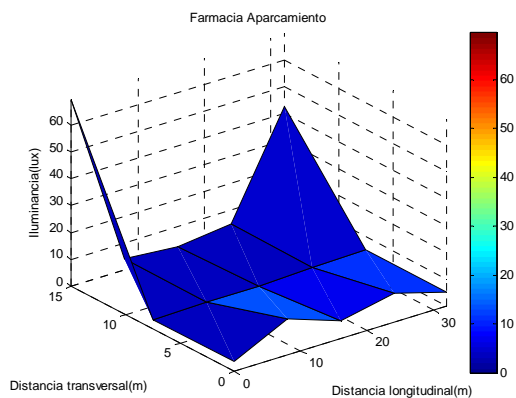
Coordenadas D5: 40°26'42.0"N; 3°43'34.0"W.

Fecha: 10/05/10

D. longitudinal: 25.55 m.

D. transversal: 10.00 m.

## APARCAMIENTO DE FARMACIA



Coordenadas D5: 40°26'42.1"N; 3°43'33.8"W.

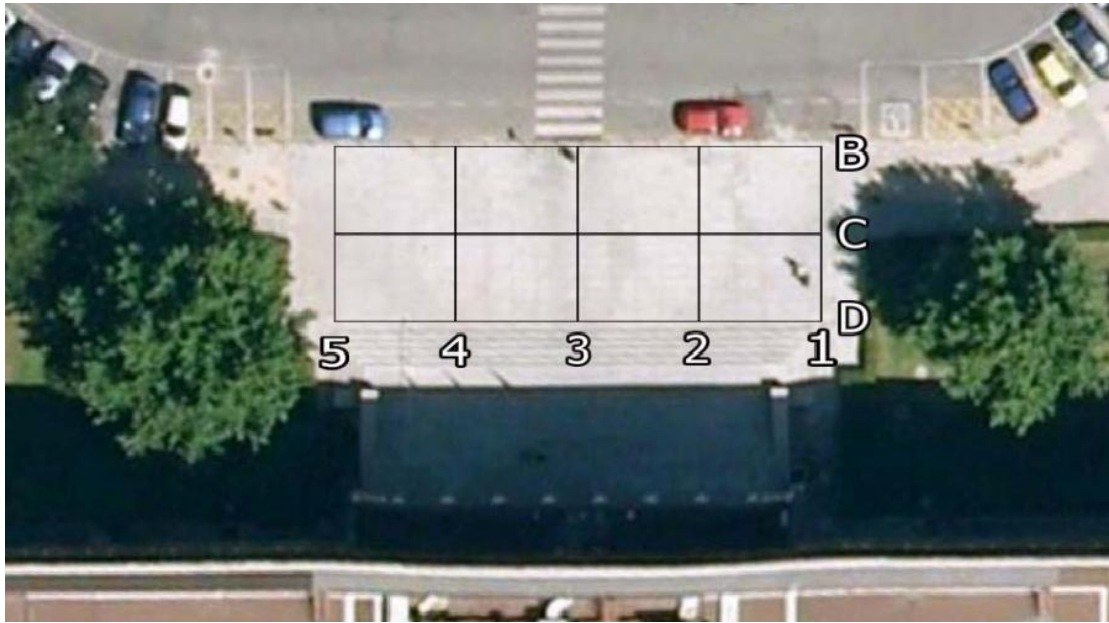
Fecha: 10/05/10

D. longitudinal: 32.00 m.

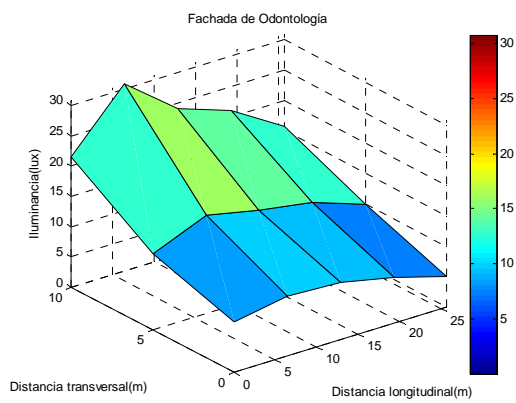
D. transversal: 15.00 m.

Un árbol afecta a las mediciones en B1 y C1.

## 4.2.7 FACHADA DE ODONTOLOGÍA

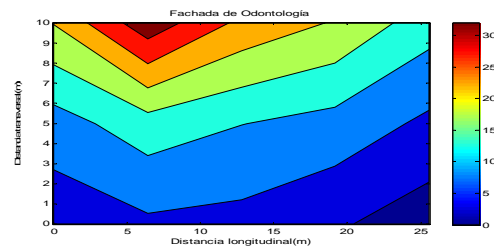


La línea de medidas D dista aproximadamente 9.40 m. de la pared del edificio.



Coordenadas D5: 40°26'33.4"N; 3°43'33.6"W.

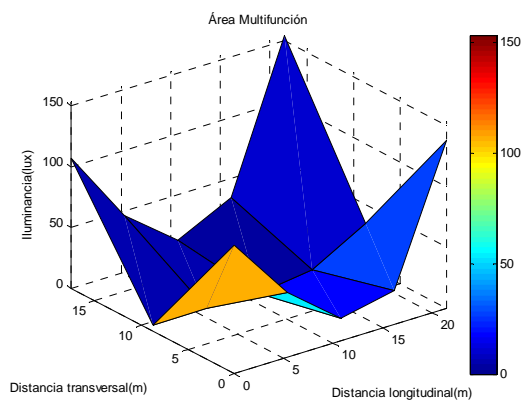
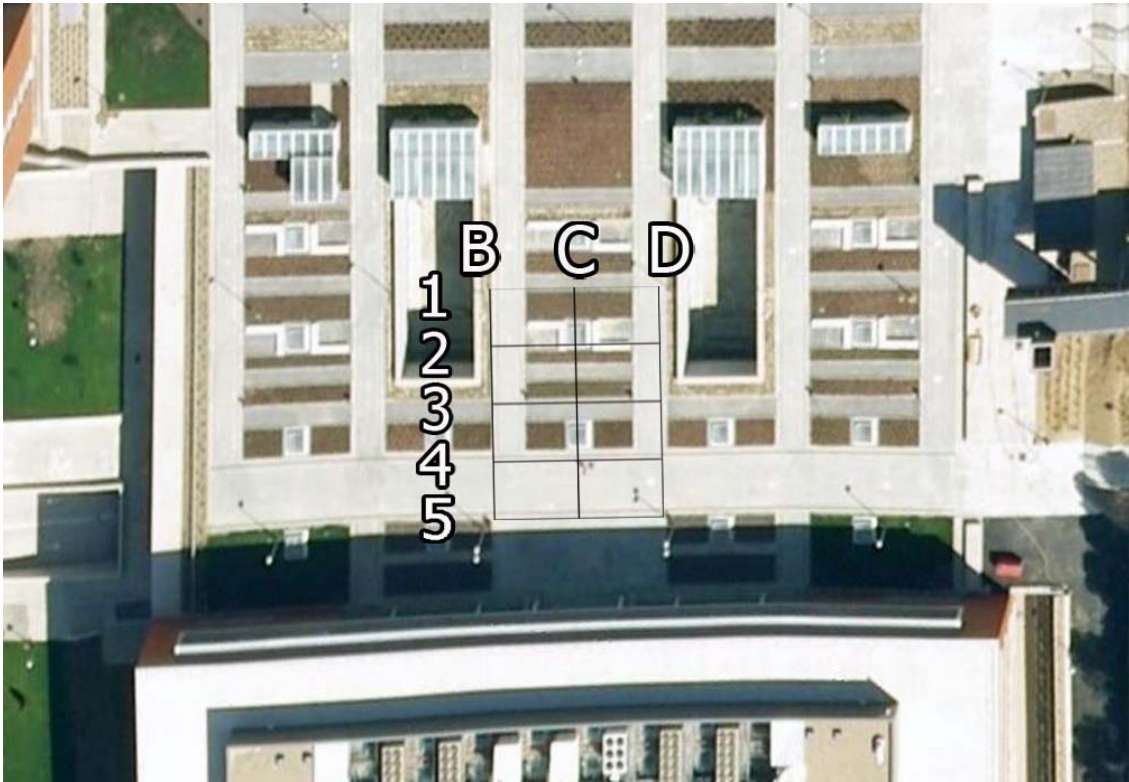
D. longitudinal: 25.60 m.



Fecha: 20/05/10

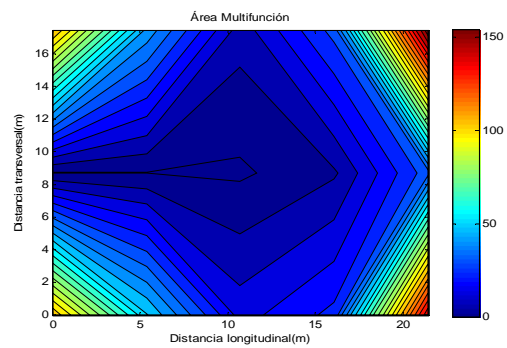
D. transversal: 10.00 m.

## 4.2.8 ÁREA MULTIFUNCIÓN



Coordenadas D5: 40°26'56.5"N; 3°43'57.8"W.

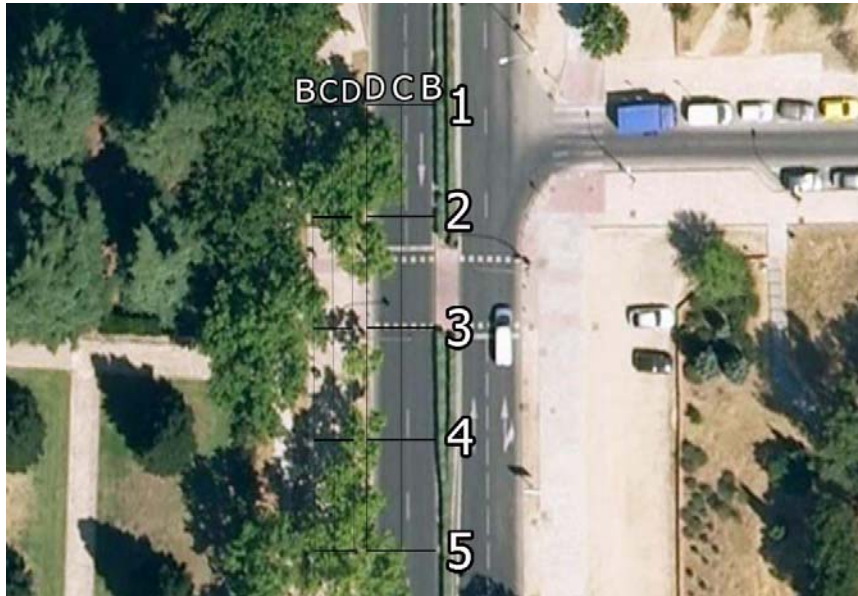
D. longitudinal: 21.45 m.



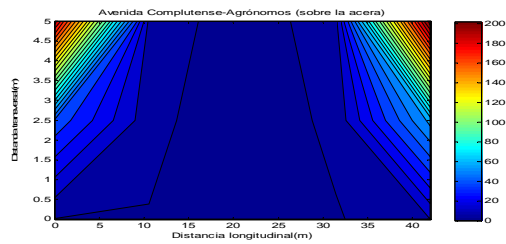
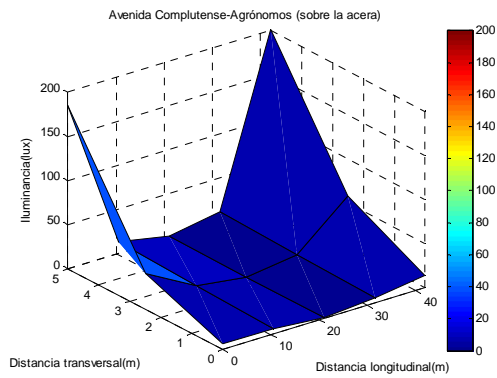
Fecha: 20/05/10

D. transversal: 17.44 m.

## 4.2.9 AVENIDA COMPLUTENSE-AGRÓNOMOS



### Sobre la acera:



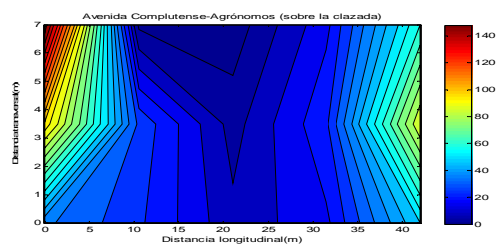
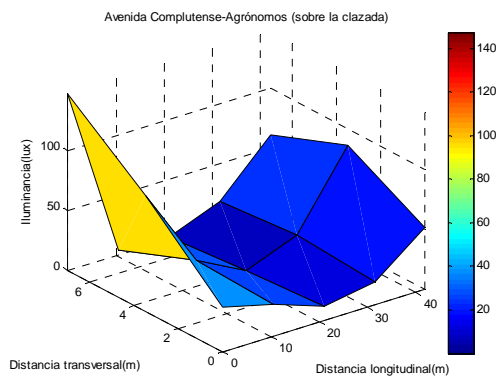
Coordenadas D5: 40°26'29.2"N; 3°43'36.9"W.

Fecha: 21/05/10

D. longitudinal: 42.00 m.

D. transversal: 5.00 m.

### Sobre la calzada:



Coordenadas D5: 40°26'29.2"N; 3°43'36.9"W.

Fecha: 21/05/10

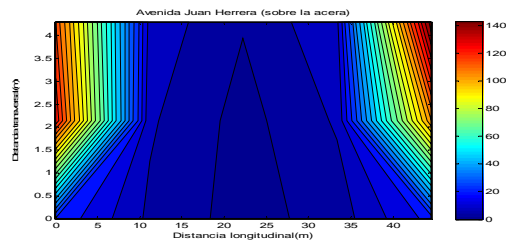
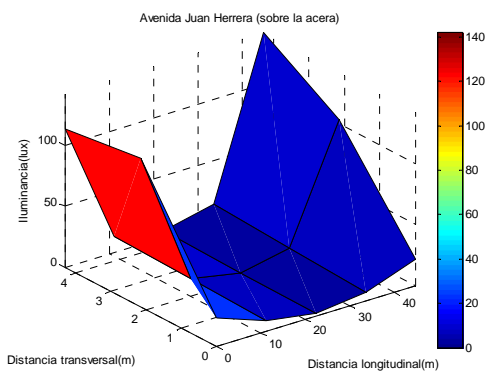
D. longitudinal: 42.00 m.

D. transversal: 7.00 m.

# AVENIDA JUAN HERRERA



## Sobre la acera:



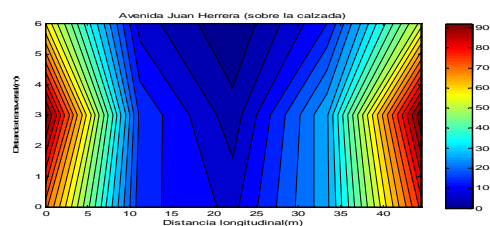
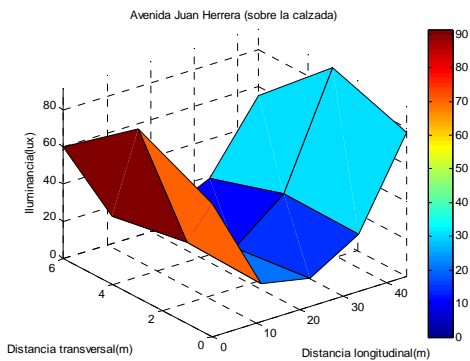
Coordenadas D5: 40°26'21.1"N; 3°43'43.2"W.

Fecha: 21/05/10

D. longitudinal: 44.57 m.

D. transversal: 4.30 m.

## Sobre la calzada:



Coordenadas D5: 40°26'21.1"N; 3°43'43.1"W.

Fecha: 21/05/10

D. longitudinal: 44.57 m.

D. transversal: 6.00 m.

## 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

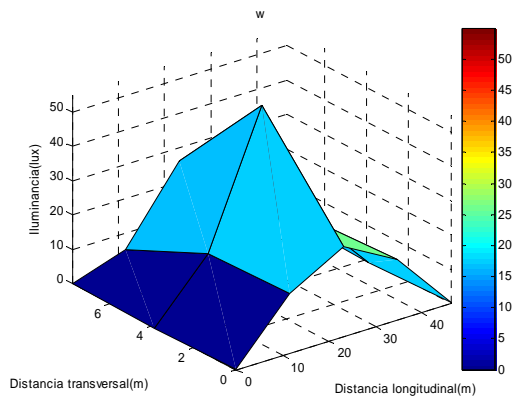
Ya se ha comentado con anterioridad que en el caso de las luminarias de Avenida Complutense y Medicina 1, una de las dos farolas estaba estropeada; por tanto, no se podía hacer una comparativa con los datos de Pablo Cepero. Sin embargo, pensamos que esto, más que un problema, se puede considerar una oportunidad para averiguar cuál es el flujo de luz emitido por una única farola aislada.

Si se supone que las condiciones entre un año y otro no difieren demasiado, se puede llevar a cabo la sustracción de los valores recogidos en 2010 a los recolectados en 2009. De este modo, además de eliminar la contribución de la segunda luminaria del par, se consigue descartar toda la luz procedente de los elementos del entorno.

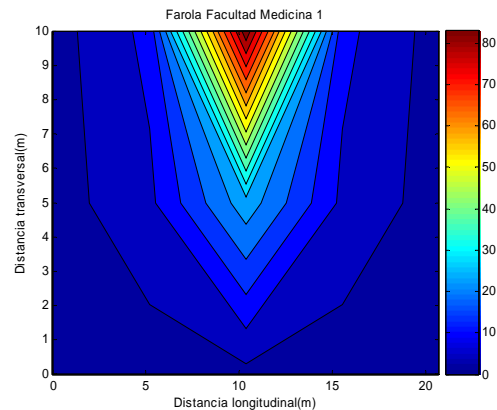
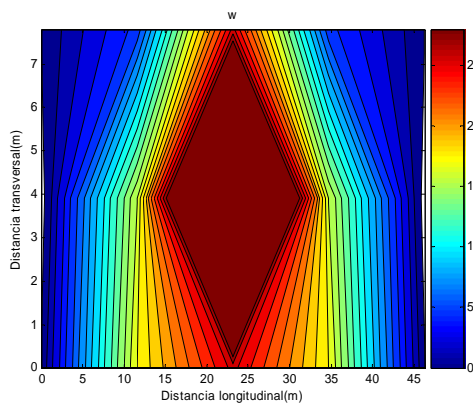
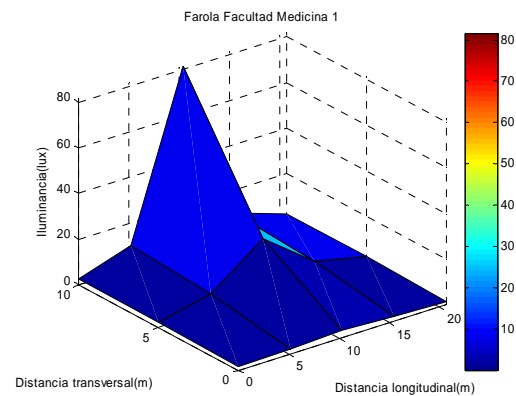
Una vez realizado esto, se efectúa una copia especular de los datos. Esto es, de la matriz 5x3 se sustraen las dos columnas más alejadas de la farola estudiada y las dos más cercanas se añaden de forma simétrica por el lado opuesto. Así, tendremos una visión de lo que irradiaría nuestra luminaria si se encontrase situada en el centro de uno de los lados de un rectángulo de igual longitud y anchura que el original.

Los resultados que se obtienen son los siguientes:

### **FAROLA AVENIDA COMPLUTENSE**



### **FAROLA MEDICINA1**



En lo que concierne a las medidas repetidas, se resumen en la siguiente tabla los valores de iluminancia media ( $E_m$ ) y rango de iluminancia recomendado por el ayuntamiento de Madrid en el capítulo 43 referido a alumbrado exterior:

Ubicación	$E_{mín}/E_{máx}$	$E_m$	
		2009	2010
<i>Fachada-Físicas</i>	15/20	1.97	2.63
<i>Paraninfo-Físicas 1</i>	15/25	16.85	15.32
<i>Paraninfo-Físicas 2</i>	15/25	15.51	15.88
<i>Paraninfo-Físicas 3</i>	15/25	18.78	18.73
<i>Paraninfo-Derecho 1</i>	15/25	18.22	18.51
<i>Paraninfo-Derecho 2</i>	15/25	14.29	14.89
<i>Fachada-Derecho</i>	15/20	23.63	32.14
<i>Parque Letras 1</i>	15/20	29.84	29.09
<i>Parque Letras 2</i>	15/20	71.79	72.05
<i>Avenida Complutense</i>	15/25	24.02	21.64
<i>Facultad Medicina 1</i>	15/20	13.11	5.03
<i>Facultad Medicina 2</i>	15/20	13.81	15.30
<i>Botánico-Farmacia</i>	15/25	0.94	0.43
<i>Botánico-Biológicas (a)</i>	15/25	9.85	27.93
<i>Botánico-Biológicas (n)</i>	15/25	X	28.64
<i>C.C. Información 1</i>	15/20	21.00	30.74
<i>C.C. Información 2</i>	15/20	26.00	32.28
<i>Informática 1</i>	15/20	45.02	21.56
<i>Informática 2</i>	15/20	6.96	0.12
<i>Parque de las ciencias</i>	7/10	12.36	11.94

Se habían detectado como puntos conflictivos en 2009, la fachada de Derecho, el parque de las Letras (máxima iluminancia media registrada) y el parque de las Ciencias, por tener un suministro excesivo de potencia. Esta situación se mantiene, aun siendo de sencilla solución. Los resultados son muy similares, excepto en el caso de la fachada de Derecho, donde la iluminancia media se ha incrementado en casi 10 luxes.

Además, existían zonas incorrectamente iluminadas, como C.C. de la Información e Informática, con una gran cantidad de luminarias prescindibles. En el caso de C.C. de la información la contaminación ha aumentado considerablemente. En la zona de Informática se ha instalado un nuevo alumbrado, pero en estos momentos no se enciende ni el alumbrado antiguo ni el moderno. Por tanto, este será un objeto de estudio que queda para el próximo trabajo. Sólo funcionan algunas farolas en la entrada de la facultad y, aun así, es en las mediciones efectuadas en esta localización donde se reconoce el segundo valor más alto de iluminancia media.

La Avenida Complutense, a la altura del Paraninfo, tanto por la parte Oeste (Derecho) como por la Este (Físicas), es una de las más correctamente iluminadas. Los resultados arrojados son prácticamente idénticos.

La evaluación de las luminarias que se hallan entre el Jardín Botánico y Farmacia sigue ofreciendo valores inferiores al mínimo y aun menores. No obstante, en el lado opuesto, entre el Jardín Botánico y Biológicas, que ya consta de alumbrado nuevo, ha crecido notablemente la radiación que se recibe. En este emplazamiento ejecutamos dos mediciones: una en las posiciones de las antiguas farolas (apagadas) y otra en las de las nuevas.

En facultad de Medicina 2 se ha acrecentado levemente la estimación, pero se encuentra en unos límites razonables.

En la fachada de la facultad de C.C. Físicas los valores son altamente deficientes, cosa, por otro lado deseable para el trabajo astronómico.

Actuando del mismo modo para el análisis de la ampliación de medidas:

<b>Ubicación</b>	<b><math>E_{\min}/E_{\max}</math></b>	<b><math>E_m</math></b>
<i>Entrada Botánico 1</i>	15/20	9.32
<i>Entrada Botánico 2</i>	15/20	5.32
<i>Entrada Botánico 3</i>	15/20	7.4
<i>Fachada Sur Físicas 1</i>	15/20	3.60
<i>Fachada Sur Físicas 2</i>	15/20	3.69
<i>Fachada Sur Físicas 3</i>	15/20	3.01
<i>Fachada Sur Físicas 4</i>	15/20	1.98
<i>Lateral Este Físicas 1</i>	15/25	16.30
<i>Lateral Este Físicas 2</i>	15/25	11.51
<i>Lateral Este Físicas 3</i>	15/25	10.55
<i>Lateral Este Físicas 4</i>	15/25	4.23
<i>Centro de Cálculo 1</i>	15/25	17.35
<i>Centro de Cálculo 2</i>	15/25	10.00
<i>Centro de Cálculo 3</i>	15/25	9.17

La iluminación en la entrada del Jardín Botánico, la entrada principal y el lateral Este de la Facultad de Ciencias Físicas y la fachada Norte del Centro de Cálculo no alcanza el mínimo establecido. En los tres primeros casos, pese a no cumplir los requerimientos, nos hallamos en una situación beneficiosa para las observaciones realizadas desde las cúpulas de la facultad, si bien deberían adaptarse a lo aconsejado. Sin embargo, la entrada principal de la facultad de Ciencias Químicas, también muy próxima al observatorio, sí supera los límites que marca el reglamento. Aunque esto no ocurre de forma extremada, sería conveniente regular la potencia que suministran los focos.

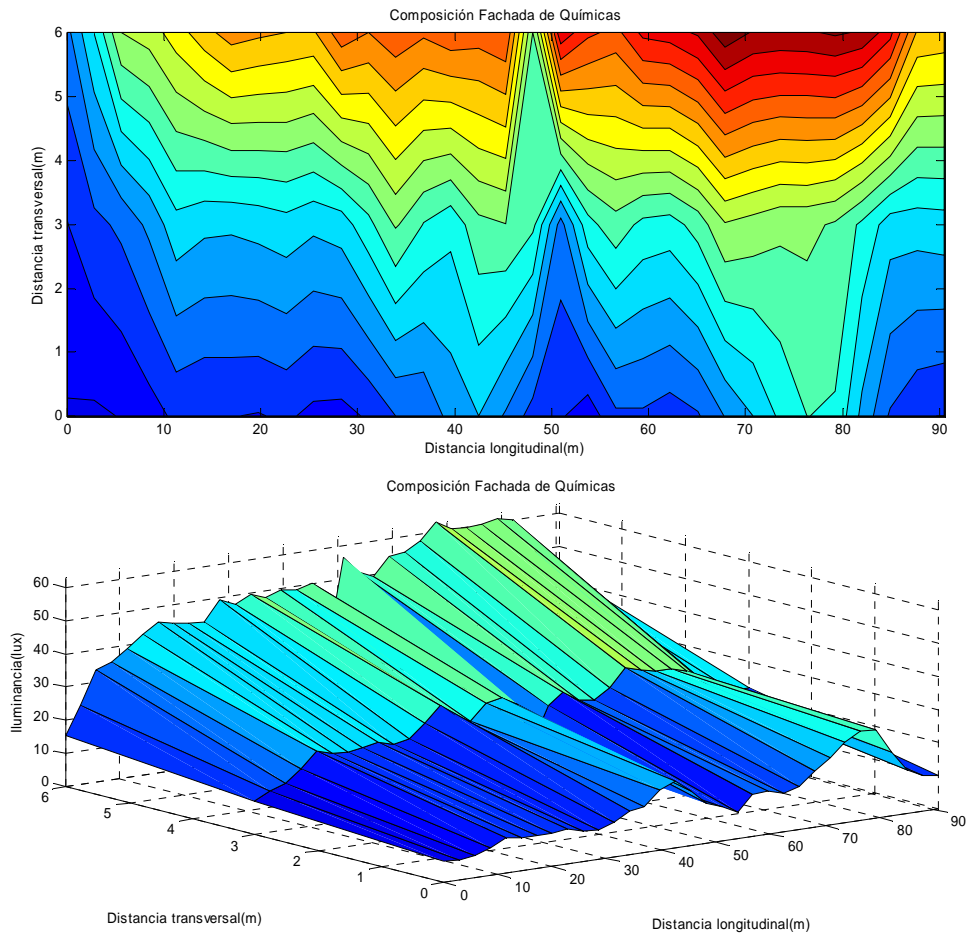
En lo referente a la región de la Plaza Ramón y Cajal, contrariamente a lo que pudiera parecer a la vista de los resultados (el aparcamiento frente a Farmacia y la fachada de la facultad de Odontología desprenden valores dentro del intervalo admitido; y sólo de la fachada de la facultad de Farmacia se derivan unas medidas superiores a las permitidas), existe gran cantidad de focos orientados hacia el cielo, que permanecen encendidos toda la noche y no tienen una funcionalidad concreta más que iluminar los edificios. Con el protocolo empleado no se pueden sacar conclusiones de cómo esto afecta a la contaminación lumínica de Ciudad Universitaria; pero, es evidente, que se debería estudiar la forma de suprimir o, al menos, reducir al máximo el gasto innecesario y el indeseable flujo de luz hacia el cénit.

<b>Ubicación</b>	<b><math>E_{\min}/E_{\max}</math></b>	<b><math>E_m</math></b>
<i>Fachada Oeste Químicas 1</i>	15/20	16.95
<i>Fachada Oeste Químicas 2</i>	15/20	24.11
<i>Fachada Oeste Químicas 3</i>	15/20	26.08
<i>Fachada Oeste Químicas 4</i>	15/20	30.34
<i>Fachada Oeste Químicas 5</i>	15/20	26.87
<i>Fachada Oeste Químicas 6</i>	15/20	31.21
<i>Fachada Oeste Químicas 7</i>	15/20	36.80
<i>Fachada Oeste Químicas 8</i>	15/20	28.97
<i>Fachada Farmacia</i>	10/15	23.52
<i>Aparcamiento Farmacia</i>	7/15	8.44
<i>Fachada Odontología</i>	10/15	14.85
<i>Av. Compl.-Agrónomos(a)</i>	15/20	23.83
<i>Av. Compl.-Agrónomos(c)</i>	15/25	34.24
<i>Área Multifunción</i>	7/15	32.76
<i>Av. Juan Herrera (a)</i>	15/20	29.71
<i>Av. Juan Herrera (c)</i>	15/25	34.24

Tanto las medidas realizadas en la Avenida Complutense, a la altura de la facultad de Agrónomos, como en la Avenida de Juan Herrera, registran valores de luminarias del nuevo alumbrado ya en funcionamiento. Pese a ser recién instaladas, presentan un exceso de luminosidad que se debería haber evitado desde un primer momento.

En la Zona Multiusos (ubicada entre el Parque de las Letras e Historia) también se sobrepasa el rango determinado; pero se ha de reseñar que las farolas dispuestas allí están muy bien diseñadas, de manera que emiten casi la totalidad de su luz hacia abajo.

Otra opción existente para tratar los datos recogidos es la composición de mediciones de pares de farolas contiguas. A continuación se muestra un ejemplo realizado sobre la fachada frontal de Químicas.



Nótese que a la distancia aproximada de 50 m. se observa una disminución importante en la iluminancia que no debería ocurrir. Se ha detectado que es debido a que una de las nuevas farolas instaladas para ponerse en uso proyectaba su sombra justamente sobre dos de las posiciones sobre las que debíamos medir. Esto sirve como ejemplo de la fuerte influencia en los resultados de muchas de las incidencias no controladas.

## 6. PROPUESTAS PARA FUTUROS TRABAJOS

A finales de Junio de 2010 están en funcionamiento gran parte de las nuevas luminarias instaladas durante todo este año, y han sustituido a bastantes de las farolas que nosotros hemos medido. Y se continúan renovando más zonas. Sería muy interesante repetir las medidas aquí expuestas para comprobar de qué modo evoluciona la contaminación lumínica en el Campus de Ciudad Universitaria, si el nuevo alumbrado realmente mejora la situación actual o no. De este modo se llevaría un continuo control y se podrían solicitar posibles correcciones del alumbrado en caso de ser necesarias.

## 7. AGRADECIMIENTOS

A Roque Ruiz, por haber sido un compañero excepcional con el que es un placer trabajar.

A Ruth Pascual, por convertirse en investigadora de campo por unas noches de su vida. Por sus consejos y firme apoyo. Por estar siempre ahí.

A Darío López por acompañarnos y estar dispuesto a desempeñar cualquier tarea que se le pidiese. Un placer conocerte.

A Natalia Madrid por ayudarnos a documentar fotograma a fotograma el duro trabajo nocturno, por sus constantes ayudas y su paciencia.

A Marian González por acompañarnos en una larga e infructuosa noche.

A todos mis compañeros y amigos por tenderme su mano tan a menudo.

A mis padres por preocuparse de que no me faltase de nada.

Y, por último a D. Jaime Zamorano por su disposición, sus enseñanzas, su ayuda y su siempre agradable trato.

## ANEXO I: Tablas de datos.

### REPETICIÓN DE LAS MEDIDAS DE 2009

Fachada de Físicas					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	1	0,9	1,1	1,3	1,6
<b>C</b>	4,3	1,6	0,9	1,8	4,8
<b>D</b>	13,5	3	1,1	3,1	11,8

Paraninfo - Físicas 1					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	11,9	15,8	15,6	13,4	10,7
<b>C</b>	25	16,7	15,5	18,3	33,7
<b>D</b>	6,8	6,2	5,6	8,7	10,8

Paraninfo - Físicas 2					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	12	14,3	13,9	12,5	9,5
<b>C</b>	33	23,1	17,6	18,9	24,9
<b>D</b>	8,6	6,2	5,1	5,9	8,2

Paraninfo - Físicas 3					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	11,7	13,8	15,6	12,8	12
<b>C</b>	39,4	24,7	20,7	23,3	33
<b>D</b>	13,3	10,6	6,8	7,5	8,6

Fachada de Derecho					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	102,5	22	14,2	22,9	89
<b>C</b>	41,7	22,4	16,5	22,7	46,2
<b>D</b>	67,4	31,5	18,7	31,3	66,1

Paraninfo - Derecho 1					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	19,1	18	17,7	17,6	22,2
<b>C</b>	39,5	18,1	14,8	18,2	38,6
<b>D</b>	12,1	10,6	7,8	9,9	15,1

Paraninfo - Derecho 2					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	10,1	9,7	13,6	12,4	12,6
<b>C</b>	24,3	15,6	14,9	19	27,9
<b>D</b>	12,8	8,5	8,4	10,3	12,8

Parque de las Letras 1					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	9,4	30,4	44,4	27,5	10,6
<b>C</b>	10	20,9	56,8	25,8	11
<b>D</b>	11,5	30,6	55,7	28,3	9,5

<b>Parque de las Letras 2</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	25	21,2	20,3	20,1	23,2
<b>C</b>	93	90,2	97,2	86,9	86,4
<b>D</b>	118,9	78,6	77	72,4	103,4

<b>Avenida Complutense (antiguas)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	8,9	9,5	18,5	39,9	46,4
<b>C</b>	11,6	8	15,8	37,5	62,8
<b>D</b>	3,2	6,2	8,9	29,1	15,7

<b>Avenida Complutense (nuevas)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	59,1	19,1	15,3	24,7	56,3
<b>C</b>	78,5	16,1	12,9	24,7	74,7
<b>D</b>	50,4	11	10,1	27,1	53,5

<b>Facultad de Medicina 1</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	1,3	1,7	1,7	3	3,6
<b>C</b>	0,8	1,1	1,8	4,8	9,3
<b>D</b>	0,4	0,4	2,2	9,5	67,5

<b>Facultad de Medicina 2</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	3,4	2,7	1,7	1,4	0,9
<b>C</b>	9,9	7	3,5	6,8	11
<b>D</b>	126,3	16	7,1	14,9	160,5

<b>Botánico-Facultad de Farmacia</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	0,1	0	0	0	0,2
<b>C</b>	1,9	0,1	0	0	0,4
<b>D</b>	4,8	0,3	0	0,1	2,7

<b>Botánico-Biología (antiguas apagadas)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	7,7	15,1	13	9,5	5,4
<b>C</b>	19,4	44,2	56	23,8	7,5
<b>D</b>	21,1	48,2	56,7	8,5	7,7

<b>Botánico-Biología (nuevas encendidas)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	10,3	9	6,9	12,5	16,5
<b>C</b>	57,4	27,4	21	31,6	75,1
<b>D</b>	51,9	17,2	20,9	29,7	60,4

<b>Ciencias de la Información 1</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	26,1	24,7	25,9	27,4	27,1
<b>C</b>	23,9	23,4	25,8	28,1	29,1
<b>D</b>	115,5	29,6	18,6	24,8	147

<b>Ciencias de la Información 2</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	24,7	24,6	26,6	27,4	27,4
<b>C</b>	26,6	23,9	25,9	23,8	24,1
<b>D</b>	108,1	27,1	26,9	24,3	113,8

<b>Facultad de Informática 1</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	23,1	19,3	19,8	24	28,4
<b>C</b>	23,3	16,2	17,7	28	35,8
<b>D</b>	22	14	14	33	4,1

<b>Facultad de Informática 2</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>C</b>	0,2	0,1	0,2	0,1	0
<b>D</b>	0,1	0,1	0	0	0

<b>Facultad de Informática 2</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	23,1	19,3	19,8	24	28,4
<b>C</b>	23,3	16,2	17,7	28	35,8
<b>D</b>	22	14	14	33	4,1

<b>Facultad de Informática 2</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>C</b>	0,2	0,1	0,2	0,1	0
<b>D</b>	0,1	0,1	0	0	0

<b>Parque de las Ciencias</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	13,9	6,1	6,5	3,8	1,8
<b>C</b>	5,9	9,7	17,6	8,4	5,3
<b>D</b>	5,8	17,4	45	16,1	5,5

<b>Terraza-Facultad de Ciencias Físicas</b>		
<b>Punto</b>	<b>Apuntando a</b>	
<b>P1</b>	Parainfo	0
<b>P1</b>	Parque	0,2
<b>P2</b>	Parainfo	0
<b>P3</b>	Parainfo	0
<b>P3</b>	Telecomunicaciones	0,1
<b>P4</b>	Parainfo	0
<b>P4</b>	Parque	0,2
<b>P5</b>	Parainfo	0
<b>P6</b>	Parainfo	0,1
<b>P6</b>	Telecomunicaciones	0
<b>P7</b>	Parque	0,2
<b>P8</b>	Telecomunicaciones	0
<b>P8</b>	Parainfo	0

<b>Cúpula Oeste</b>		
<b>Posición</b>	<b>Telescopio</b>	<b>Borde de la Cúpula</b>
<b>320° Telecomunicaciones</b>	0	0
<b>265° Parainfo 1</b>	0	0
<b>235° Parainfo 2</b>	0	0
<b>210° Parque Letras</b>	0	0,4

## EXTENSIÓN A NUEVAS ZONAS

Entrada del Jardín Botánico 1					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	45,3	18,5	15,4	162	47,4
<b>C</b>	7,3	5,5	4,5	5,2	6,7
<b>D</b>	2,1	2,2	2	2	1,9

Entrada del Jardín Botánico 2					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	1,1	1,3	1,2	1,4	1,7
<b>C</b>	1,3	2,5	3,5	2,4	1,5
<b>D</b>	1,3	5,1	48,3	5,1	2,2

Entrada del Jardín Botánico 3					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	27 / 32	7	2,9	11,4	43,5
<b>C</b>	4,7	3,3	3	4,8	6,6
<b>D</b>	1,6	1,9	3,2	12,5	14,8

Fachada de Físicas 1					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	45,3	18,5	15,4	162	47,4
<b>C</b>	7,3	5,5	4,5	5,2	6,7
<b>D</b>	2,1	2,2	2	2	1,9

Fachada de Físicas 2					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	1,1	1,3	1,2	1,4	1,7
<b>C</b>	1,3	2,5	3,5	2,4	1,5
<b>D</b>	1,3	5,1	48,3	5,1	2,2

Fachada de Físicas 3					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	0,8	0,8	0,9	1,1	1,4
<b>C</b>	4,1	2,1	1,2	2,4	4,4
<b>D</b>	14,7	6,6	1,8	4	9,2

Fachada de Físicas 4					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	1,4	1,2	1,8	0,6	7,5
<b>C</b>	4,4	2,2	1	0,9	0,9
<b>D</b>	9,2	3,9	1	0,5	0,1

Fachada de Químicas 1					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	6,4	6,2	6,9	8,6	10,8
<b>C</b>	10	12,5	14,2	17,6	22,4
<b>D</b>	15,6	23,7	33,7	35,3	38,8

Fachada de Químicas 2					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	10,8	10,1	10,2	9,9	10,7
<b>C</b>	22,4	21	20,8	21,4	22,2
<b>D</b>	38,8	42,5	45,5	44,5	43,8

Fachada de Químicas 3					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	10,7	9,2	8,9	10,6	13,4
<b>C</b>	22,2	20,9	21,8	25,9	30,7
<b>D</b>	43,8	43,2	49,4	47,2	49,6

Fachada de Químicas 4					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	13,4	13,9	18,1	20,2	16,4
<b>C</b>	30,7	26,8	24,5	29,3	30,3
<b>D</b>	49,6	47,8	49,6	48,8	50,2

Fachada de Químicas 5					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	16,4	12	10,5	8,1	12,8
<b>C</b>	30,3	27,6	15,4*	25,7*	29
<b>D</b>	50,2	30,3	56,5	51,4	49,4

Fachada de Químicas 6					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	12,8	12,9	11,7	13,1	17,1
<b>C</b>	29	26	25,5	28,4	33,5
<b>D</b>	49,4	54,8	55,5	57,9	63

Fachada de Químicas 7					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	17,1	20,2	24,3	27	26,5
<b>C</b>	33,5	32,3	31,1	31,3	29,9
<b>D</b>	63	60,4	60	60,2	61,2

Fachada de Químicas 8					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	26,5	19,3	13,1	10,8	10,2
<b>C</b>	29,9	26,2	21,8	21,7	22,1
<b>D</b>	61,2	60,2	55,2	43,2*	42,7

Lateral de Químicas 1					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	20,9	17,4	15,1	15,1	15,9
<b>C</b>	41,1	43,1	43,6	45	45,9
<b>D</b>	41,7	36,2	32,1	35,5	41,4

Lateral de Químicas 2					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	15,9	12,2	10,7	10,4	11,4
<b>C</b>	45,9	45,2	45,1	41,8	38,9
<b>D</b>	41,4	35,4	29,1	30,8	32,9

Lateral de Químicas 3					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	11,4	9,8	8,6	8,4	10,3
<b>C</b>	38,9	37,9	36,8	33,5	29,3
<b>D</b>	32	27,8	21,4	26	28,4

Lateral de Físicas 1					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	14,7	14,9	14,4	12,9	12,2
<b>C</b>	15,2	15,2	43,6	10,8	9,6
<b>D</b>	13,1	12,5	10,9	7,9	6,6

Lateral de Físicas 2					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	12,2	12,6	13,3	13,3	13
<b>C</b>	9,6	10,9	12,7	13,4	13,7
<b>D</b>	6,6	7,4	9,1	10	10,4

Lateral de Físicas 3					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	13	13,3	12,4	10,3	8,2
<b>C</b>	13,7	13,8	9,3	9,5	6,6
<b>D</b>	10,4	10,3	12,4	6,8	3,9

Lateral de Físicas 4					
	1	2	3	4	5
<b>B</b>	8,2	5,9	1,5	6,8	7,6
<b>C</b>	6,6	4	4,1	5,1	5,6
<b>D</b>	3,9	1,9	1,3	1,3	1,2

<b>Centro de Cálculo 1</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	6,3	7,4	8,6	9	9,5
<b>C</b>	12,8	13,2	15,9	20	22,6
<b>D</b>	19,2	22,2	21,7	36,8	41,6

<b>Centro de Cálculo 2</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	9,5	7,4	4,8	3,2	2,6
<b>C</b>	22,6	13,7	8,3	4	2,8
<b>D</b>	41,6	22,5	11,2	5,2	2,9

<b>Centro de Cálculo 3</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	2,6	3,4	5,2	7,8	9,4
<b>C</b>	2,8	3,9	7,5	13,7	19,8
<b>D</b>	2,9	3,8	8,7	19,6	35,8

<b>Fachada de Farmacia 1</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	13,5	5,3	9,3	11,3	8,7
<b>C</b>	23,8	24,7	22,4	18,9	15,8
<b>D</b>	40,7	38,2	31,4	34,7	26,1

<b>Fachada de Farmacia 2</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	3,8	13,6	6,6	11,1	5,2
<b>C</b>	3,3	3,8	3,5	4,4	5,2
<b>D</b>	69,6	4	2,5	4,9	42,4

<b>Fachada de Odontología 1</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	8,4	10	9,5	7,6	5,1
<b>C</b>	12,6	16,2	14,3	12,9	9,9
<b>D</b>	21,5	30,8	24*	21	15,8

<b>Fachada de Odontología 1</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	8,4	10	9,5	7,6	5,1
<b>C</b>	12,6	16,2	14,3	12,9	9,9
<b>D</b>	21,5	30,8	24*	21	15,8

<b>Área Multifunción</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	105,7	53,6	18,9	28,2	138
<b>C</b>	4,8	5,2	4,4	9,8	34,9
<b>D</b>	107,2	46,1	12,8	33,9	153,3

<b>Av. Complutense-Agrónomos (acera)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	6,6	6,5	1,2	6,3	13,8
<b>C</b>	40,3	9,5	1	9	58,1
<b>D</b>	185,1	13,3	1,5	12,1	200,5

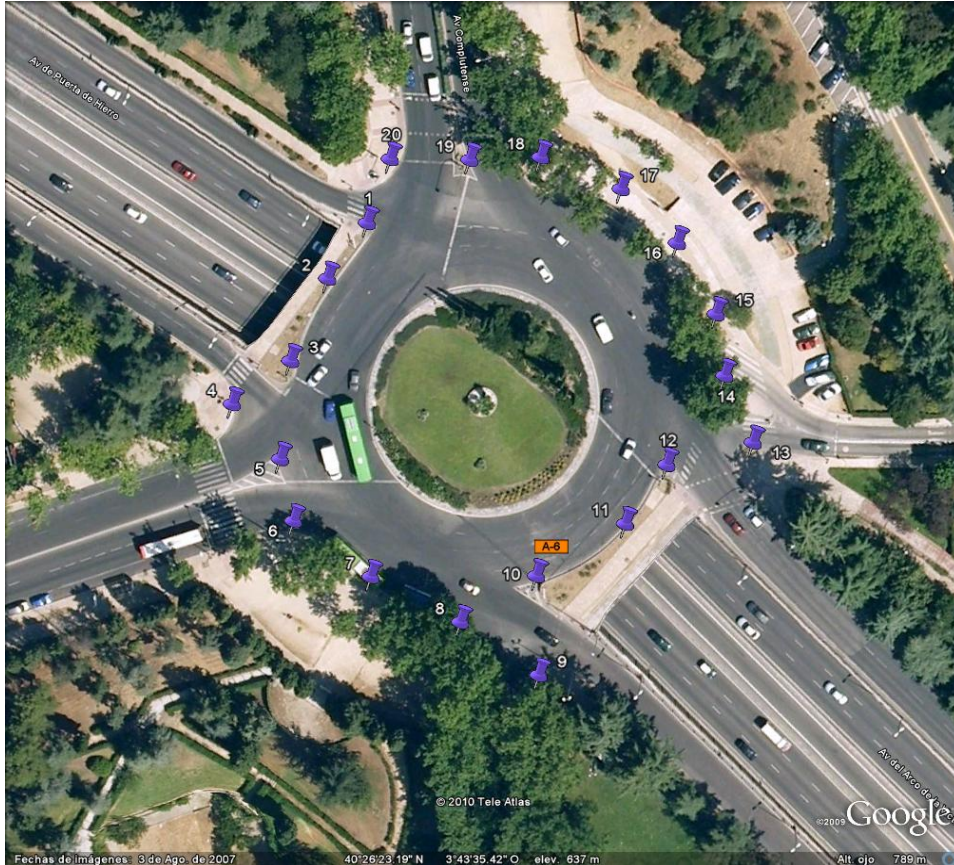
<b>Av. Complutense-Agrónomos (calzada)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	37	26,6	11,6	19,3	51,2
<b>C</b>	96	29,4	8,1	24,5	86,5
<b>D</b>	147,4	3,9	2	19	61,1

<b>Av. Juan de Herrera 1 (acera)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	23,8	8,8	2,8	7,2	21,7
<b>C</b>	121,9	10,6	3,1	10,5	103,1
<b>D</b>	113,5	13,1	5,3	14,3	141,8

<b>Av. Juan de Herrera 2 (calzada)</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	71,4	20,3	14,9	30,8	77,5
<b>C</b>	90,5	21,7	10,8	31,4	91,4
<b>D</b>	60,1	14,5	6,5	19	55,4

## ANEXO II: \*Rotonda del Cardenal Cisneros\*

Además se decidió, pese a no existir un método preciso para tratar los datos, tomar medidas en el contorno de la Glorieta del Cardenal Cisneros, para poder hacer un seguimiento de su evolución con el tiempo. Los puntos sobre los que se realizaron las medidas se muestran en la siguiente figura.



Punto	Lux	Punto	Lux
1	124,7	11	27,1
2	20,9	12	45,5
3	28,1	13	72,5
4	9,8	14	22,9
5	27,8	15	8,3
6	51,4	16	121,4
7	51,8	17	1,5
8	3,9	18	9,8
9	13,5	19	48,9
10	11,8	20	83,7

## ANEXO III: Programa empleado.

```
function [Em,Um,Ug] = iluminancia(x,y,I)
%En principio se deja libre la elección de la cantidad
%de puntos que habrá, pero serán 5 y 3 respectivamente
%en la mayoría de los caso
nx=input('Numero de puntos longitudinales: ');
ny=input('Numero de puntos transversales: ');
x="distancia longitudinal";% x = distancia entre los focos luminosos
y="distancia transversal";% y = anchura de la calzada
% I = matriz de iluminancia. Se completa con los valores medidos
I=[B1 B2 B3 B4 B5;C1 C2 C3 C4 C5;D1 D2 D3 D4 D5];
% Definimos unos ejes coordenados
j=0:(nx-1);
hor(j+1) = j*x/(nx-1);%Horizontal
k=0:(ny-1);
ver(k+1) = k*y/(ny-1);%Vertical
% Calculo de iluminancia
media*****
E1 = (I(1,1)+I(1,5))/2;
E2 = (I(2,1)+I(2,5))/2;
E3 = (I(3,1)+I(3,5))/2;
E4 = (I(1,2)+I(1,4))/2;
E5 = (I(2,2)+I(2,4))/2;
E6 = (I(3,2)+I(3,4))/2;
E7 = I(1,3);
E8 = I(2,3);
E9 = I(3,3);
Em = (E1 + 2*E2 + E3 + 2*E4 + 4*E5 + 2*E6 + E7 + 2*E8 + E9)/16;
Emin = min(I(:));%Valor mínimo de la matriz I
Um = Emin/Em;% Calculo de uniformidad media
Emax = max(I(:));%Valor máximo de la matriz I
Ug = Emin/Emax;% Calculo de uniformidad general
% REPRESENTACIONES. Mapa de
contornos.*****
%En primer lugar tenemos que definir las isolíneas con el vector v
vmax=round(Emax)+1;
N=input('Numero de isolíneas: ');
% Se deja escoger el n°.Deberá ser mayor cuanto mayor sea Emáx
i=0:(N-1);
v(i+1) = i*vmax/(N-1);
figure% GRÁFICA 2-
D*****
contourf(hor,ver,I,v);%Asignación de ejes
xlabel('Distancia longitudinal(m)');%Nombre eje X
ylabel('Distancia transversal(m)');%Nombre eje Y
colorbar('vert'); %Elección de la graduación de colores
title('Nombre del emplazamiento de las luminarias');
figure% GrÁFICA 3-
D*****
surf(hor,ver,I);% Se representa una superficie de la iluminancia
xlabel('Distancia longitudinal(m)');%Nombre eje X
ylabel('Distancia transversal(m)');%Nombre eje Y
zlabel('Iluminancia(lux)');%Nombre eje Z
title('Nombre del emplazamiento de las luminarias');
axis([0 x 0 y 0 Emax]);
%Eje X: desde cero hasta la distancia longitudinal
%Eje Y: desde cero hasta la distancia transversal
%Eje Z: desde cero hasta el valor máximo de iluminancia medido
caxis([0 Emax]);
colorbar('vert');%Elección de la graduación de colores
```

## ANEXO IV: Fotografías de los emplazamientos de las medidas

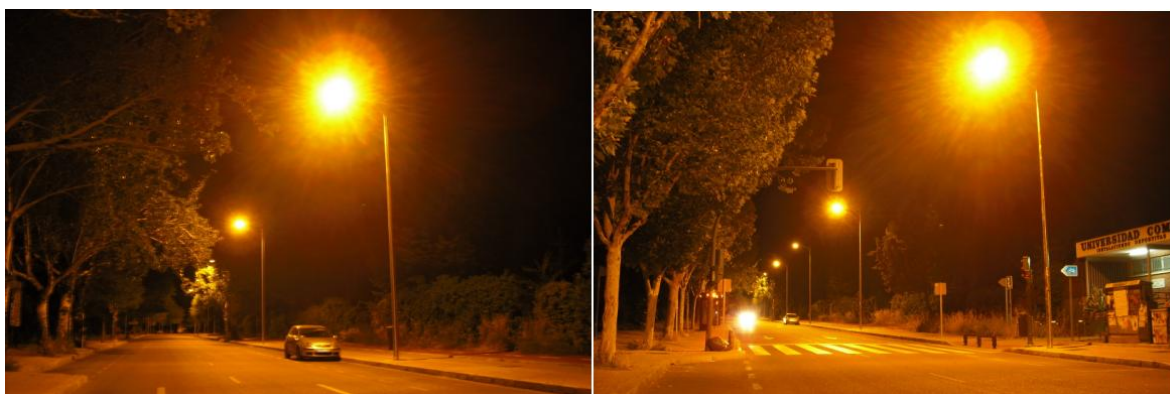
### *Fachada Sur de Físicas*



### *Paraninfo-Físicas*



### *Paraninfo-Derecho*



*Fachada Derecho y Parque de las Letras 1*



*Parque de las Letras 2*



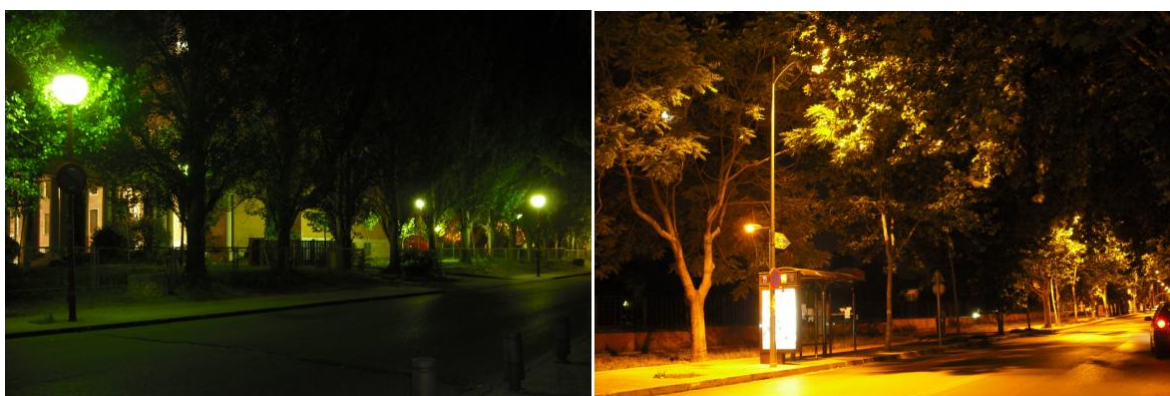
*Avenida Complutense*



***Medicina 1 y 2***



***Botánico-Farmacia & Botánico-Biológicas***



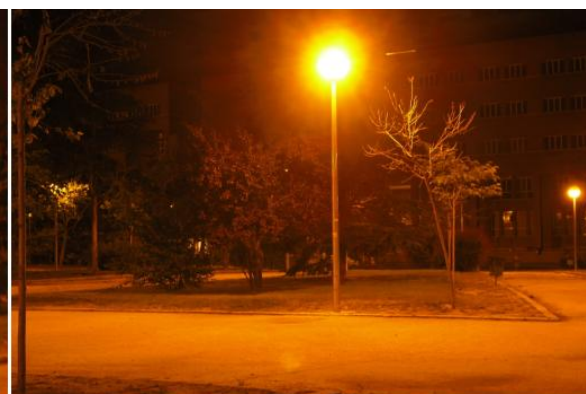
***C.C. de la Información 1 y 2***



*Informática 1 y 2*



*Parque de las Ciencias*



*Entrada Botánico*





*Fachada Oeste Químicas y Fachada Sur Físicas*



*Lateral Norte Químicas y Lateral Este Físicas*



*Centro de Cálculo*



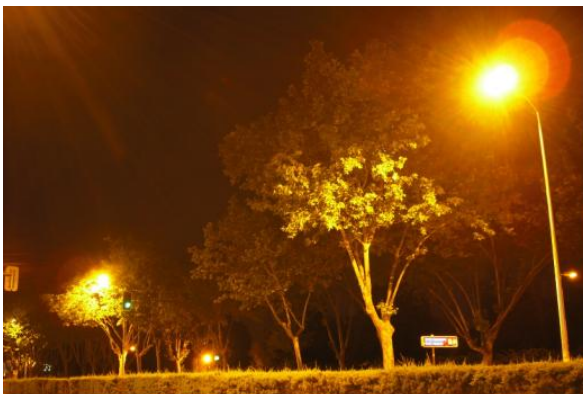
***Farmacia***



***Odontología y Área Multiusos***



***Av. Complutense-Agrónomos***



***Avenida de Juan Herrera***

