

Optimización de la matriz de contraste de Mean
Edge Contrast Index (MECI) con Excel Solver

REPORT

SETEMBRE 2011



Universitat Politècnica de Catalunya

Centre de Política de Sòl i Valoracions





REPORT

* El present document es correspon a **Optimización de la matriz de contraste de Mean Edge Contrast Index (MECI) con Excel Solver**, elaborat pel CPSV en motiu d'una investigació pròpia.

Direcció

Josep Roca Cladera. Dr. Arquitecte. CPSV.

Realització

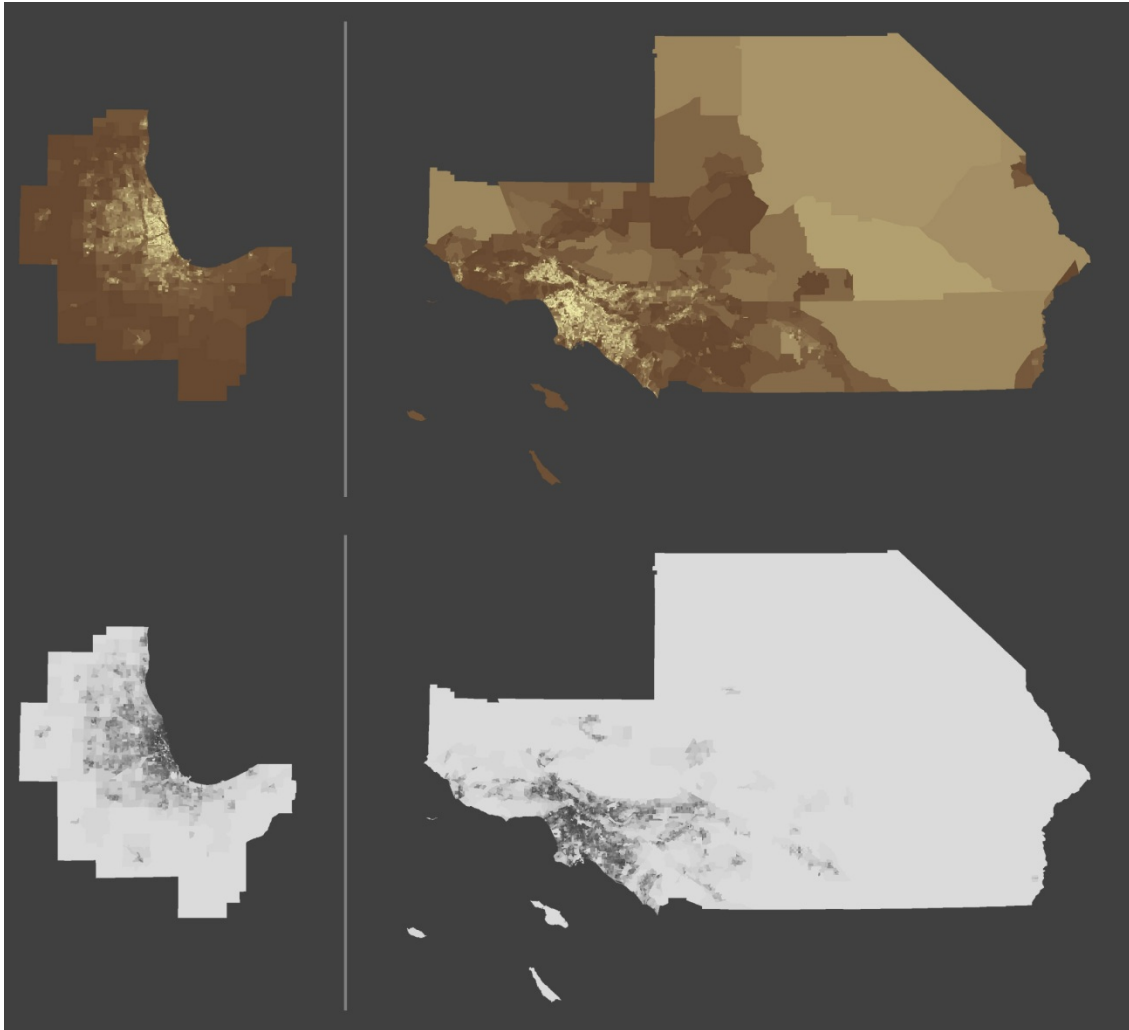
Francesc Valls Dalmau. Arquitecte. CPSV.

Índice

1	Antecedentes y objetivos	4
2	Metodología.....	5
3	Nueva matriz de contraste	5
4	Preparación de los datos en Access	7
5	Implementación en Excel del cálculo del indicador	9
5.1	Programación VBA.....	9
5.1.1	Rutina MECI().....	9
5.1.2	Rutina MECI_Producte().....	10
5.1.3	Rutina MECI_Suma()	10
5.1.4	Rutina MECI_Total()	11
5.1.5	Rutina MECI_Resum()	12
6	Configuración del Solver.....	13
6.1	Metodología para la optimización para datos en más de una hoja	13
6.2	Metodología para la optimización de la matriz.....	13
6.3	Parámetros.....	14
7	Resultados obtenidos	15

1 Antecedentes y objetivos

Durante el análisis del indicador de paisaje Mean Edge Contrast Index (MECI) se constató que con la matriz de contraste propuesta el indicador mostraba, al ser representado en un mapa, un importante parecido con la densidad de población como se aprecia en la figura siguiente, dónde se muestra la representación del valor de MECI (arriba) y de la densidad de población (abajo) para Chicago (izquierda) y Los Angeles (derecha) respectivamente.



El objetivo de esta investigación es obtener unos valores de contraste que maximicen la correlación entre la densidad de población y el indicador de paisaje estudiado.

2 Metodología

Se ha implementado el cálculo de MECI en Excel para poder utilizar las capacidades de la herramienta Solver¹ incluida en el paquete para realizar la optimización de los coeficientes de la matriz de contrastes. Ello ha comportado la necesidad de procesar los datos con distintos programas:

- Descomposición de la geometría en ArcGIS (desarrollada en el Report “Metodología de cálculo del Mean Edge Contrast Index (MECI) con Microsoft Access y ArcGIS”)
- Preparación de las tablas obtenidas en Access para realizar el cálculo en Excel
- Programación de Excel en VBA para que realizara el cálculo del indicador
- Configuración del Solver de Excel para que maximizara la correlación entre el indicador y la densidad de población

3 Nueva matriz de contraste

Se ha preparado en Excel una nueva matriz de contrastes, en cuyas celdas aparecen las referencias de la celda, como aparece en la tabla de la página siguiente.

Con esta fórmula siguiente se han obtenido las direcciones de las celdas en el siguiente formato: \$ NUMERO COLUMNA \$ NUMERO FILA (por ejemplo \$C\$2) para la celda en la tercera columna y en la segunda fila:

```
=DIRECCION(FILA(CELDA);COLUMNA(CELDA))
```

Esta matriz se ha convertido a una tabla con el siguiente formato con la función ReversePivotTable()² explicada en el Report “Metodología de cálculo del Mean Edge Contrast Index (MECI) con Microsoft Access y ArcGIS”:

TABLA CONTRASTE (REFERENCIA)
CÓDIGO USGS DE ENTRADA
CÓDIGO USGS DE SALIDA
REFERENCIA DE LA CELDA

¹ <http://www.solver.com/>

² http://spreadsheetpage.com/index.php/tip/creating_a_database_table_from_a_summary_table/



GRIDCODE	11	21	22	23	24	31	41	42	43	52	71	81	82	90	95
11	\$B\$2	\$C\$2	\$D\$2	\$E\$2	\$F\$2	\$G\$2	\$H\$2	\$I\$2	\$J\$2	\$K\$2	\$L\$2	\$M\$2	\$N\$2	\$O\$2	\$P\$2
21	\$B\$3	\$C\$3	\$D\$3	\$E\$3	\$F\$3	\$G\$3	\$H\$3	\$I\$3	\$J\$3	\$K\$3	\$L\$3	\$M\$3	\$N\$3	\$O\$3	\$P\$3
22	\$B\$4	\$C\$4	\$D\$4	\$E\$4	\$F\$4	\$G\$4	\$H\$4	\$I\$4	\$J\$4	\$K\$4	\$L\$4	\$M\$4	\$N\$4	\$O\$4	\$P\$4
23	\$B\$5	\$C\$5	\$D\$5	\$E\$5	\$F\$5	\$G\$5	\$H\$5	\$I\$5	\$J\$5	\$K\$5	\$L\$5	\$M\$5	\$N\$5	\$O\$5	\$P\$5
24	\$B\$6	\$C\$6	\$D\$6	\$E\$6	\$F\$6	\$G\$6	\$H\$6	\$I\$6	\$J\$6	\$K\$6	\$L\$6	\$M\$6	\$N\$6	\$O\$6	\$P\$6
31	\$B\$7	\$C\$7	\$D\$7	\$E\$7	\$F\$7	\$G\$7	\$H\$7	\$I\$7	\$J\$7	\$K\$7	\$L\$7	\$M\$7	\$N\$7	\$O\$7	\$P\$7
41	\$B\$8	\$C\$8	\$D\$8	\$E\$8	\$F\$8	\$G\$8	\$H\$8	\$I\$8	\$J\$8	\$K\$8	\$L\$8	\$M\$8	\$N\$8	\$O\$8	\$P\$8
42	\$B\$9	\$C\$9	\$D\$9	\$E\$9	\$F\$9	\$G\$9	\$H\$9	\$I\$9	\$J\$9	\$K\$9	\$L\$9	\$M\$9	\$N\$9	\$O\$9	\$P\$9
43	\$B\$10	\$C\$10	\$D\$10	\$E\$10	\$F\$10	\$G\$10	\$H\$10	\$I\$10	\$J\$10	\$K\$10	\$L\$10	\$M\$10	\$N\$10	\$O\$10	\$P\$10
52	\$B\$11	\$C\$11	\$D\$11	\$E\$11	\$F\$11	\$G\$11	\$H\$11	\$I\$11	\$J\$11	\$K\$11	\$L\$11	\$M\$11	\$N\$11	\$O\$11	\$P\$11
71	\$B\$12	\$C\$12	\$D\$12	\$E\$12	\$F\$12	\$G\$12	\$H\$12	\$I\$12	\$J\$12	\$K\$12	\$L\$12	\$M\$12	\$N\$12	\$O\$12	\$P\$12
81	\$B\$13	\$C\$13	\$D\$13	\$E\$13	\$F\$13	\$G\$13	\$H\$13	\$I\$13	\$J\$13	\$K\$13	\$L\$13	\$M\$13	\$N\$13	\$O\$13	\$P\$13
82	\$B\$14	\$C\$14	\$D\$14	\$E\$14	\$F\$14	\$G\$14	\$H\$14	\$I\$14	\$J\$14	\$K\$14	\$L\$14	\$M\$14	\$N\$14	\$O\$14	\$P\$14
90	\$B\$15	\$C\$15	\$D\$15	\$E\$15	\$F\$15	\$G\$15	\$H\$15	\$I\$15	\$J\$15	\$K\$15	\$L\$15	\$M\$15	\$N\$15	\$O\$15	\$P\$15
95	\$B\$16	\$C\$16	\$D\$16	\$E\$16	\$F\$16	\$G\$16	\$H\$16	\$I\$16	\$J\$16	\$K\$16	\$L\$16	\$M\$16	\$N\$16	\$O\$16	\$P\$16

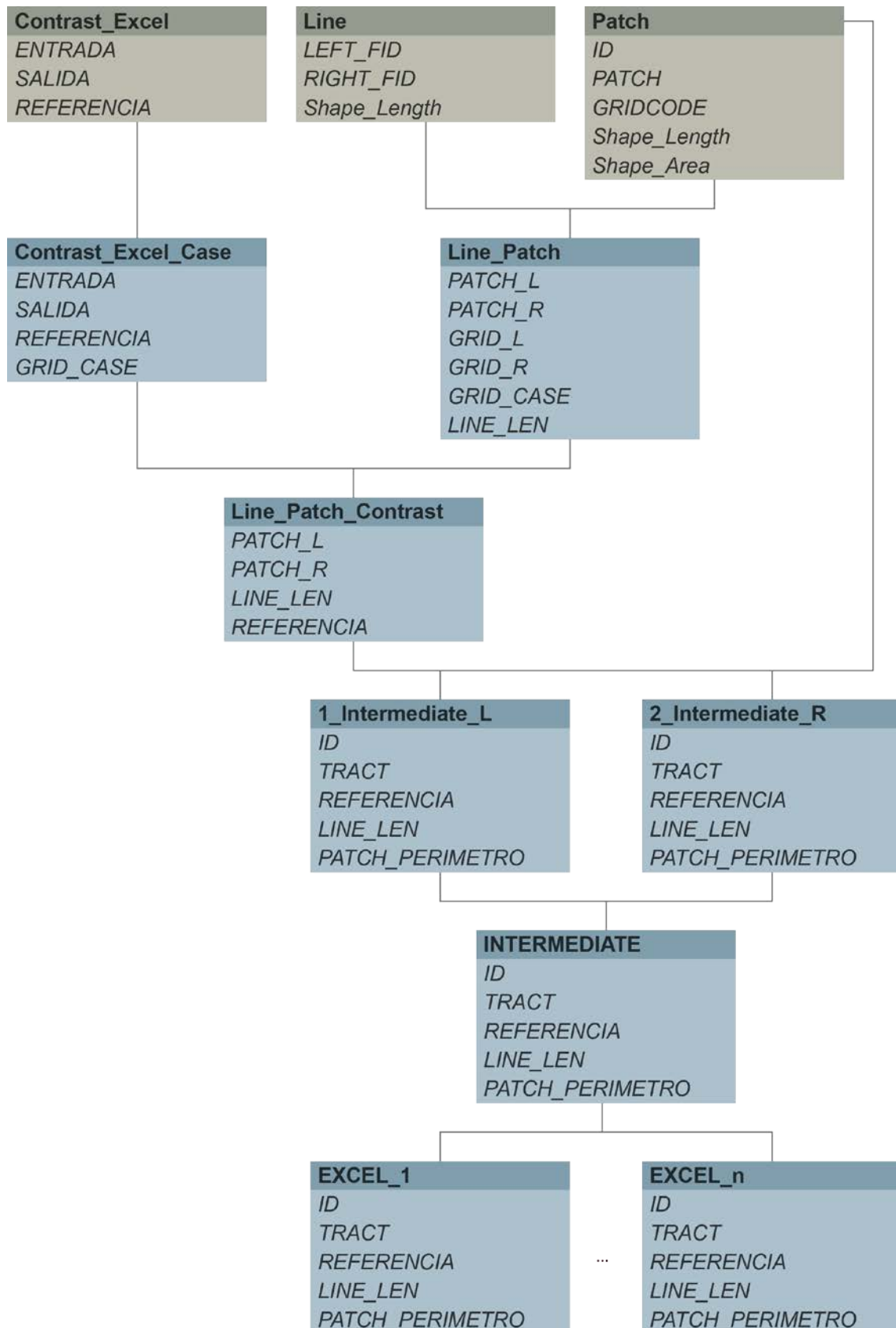
4 Preparación de los datos en Access

Se ha programado Access para obtener una tabla con la estructura siguiente mediante la programación de una serie de consultas. El diagrama de las consultas realizadas y sus relaciones aparece en la página siguiente.

TABLA BORDES
CÓDIGO USGS
CÓDIGO DE TRACT
REFERENCIA CELDA EXCEL
LONGITUD DEL BORDE
PERÍMETRO DEL POLÍGONO

Adicionalmente debido a la limitación de 1.048.576 (2^{20}) filas en Excel se ha tenido que preparar una metodología para separar los datos en hojas, preparando las consultas necesarias para segmentar los datos y realizando a continuación la exportación a Excel, que se ha implementado en el lenguaje macro de Access.

 ImportarExportarHojaDeCálculo	
Tipo de transferencia	Exportar
Tipo de hoja de cálculo	Excel Workbook
Nombre de la tabla	EXCEL_PART1
Nombre de archivo	EXCEL_Chicago.xlsx
Contiene nombres de campo	No
Rango	
 ImportarExportarHojaDeCálculo	
Tipo de transferencia	Exportar
Tipo de hoja de cálculo	Excel Workbook
Nombre de la tabla	EXCEL_PART2
Nombre de archivo	EXCEL_Chicago.xlsx
Contiene nombres de campo	No
Rango	
 ImportarExportarHojaDeCálculo	
Tipo de transferencia	Exportar
Tipo de hoja de cálculo	Excel Workbook
Nombre de la tabla	EXCEL_PART3
Nombre de archivo	EXCEL_Chicago.xlsx
Contiene nombres de campo	No
Rango	



5 Implementación en Excel del cálculo del indicador

La información preparada en primer lugar con ArcGIS y posteriormente con Access se ha exportado a una hoja de cálculo Excel. Para poder ejecutar la herramienta Solver ha sido necesario una serie de procedimientos para implementar el cálculo de MECI:

- Se han programado una serie de rutinas en VBA para implementar el cálculo de MECI (aplicación de la fórmula, metodología de agregación, búsqueda de datos en tablas externas)
- Se ha configurado la herramienta Solver para maximizar la correlación entre el indicador y la densidad de población modificando los coeficientes de contraste

5.1 Programación VBA

Se han programado una serie de rutinas para preparar la hoja de cálculo para que pudiera realizar el cálculo del indicador, para ello se ha creado un módulo con cinco subrutinas:

- MECI ()
- MECI_Producte()
- MECI_Suma()
- MECI_Total()
- MECI_Resum()

5.1.1 Rutina MECI()

Se ha programado esta rutina pública para ejecutar las otras cuatro rutinas de manera secuencial de forma rápida. Antes de lanzar las otras rutinas desconecta el recalcado automático de las celdas y la actualización de pantalla, con lo que el cálculo se ejecuta unas 1000 veces más rápido para el caso que nos ocupa.

```
Sub MECI()  
    Application.Calculation = xlManual  
    Application.ScreenUpdating = False  
    Call MECI_Producte  
    Call MECI_Suma  
    Call MECI_Total  
    Call MECI_Resum  
    Application.ScreenUpdating = True  
    Application.Calculation = xlAutomatic  
End Sub
```

5.1.2 Rutina MECI_Producte()

Esta rutina privada recorre toda la tabla y realiza dos acciones para calcular para todas las celdas el producto del contraste por la longitud del segmento:

- Rellena una columna el valor de contraste utilizando la referencia (puntero) preparada en la tabla de Access
- Rellena una columna con el producto del valor de contraste referenciado por la longitud del segmento

```
Private Sub MECI_Producte()  
    Range("J21").Select  
    Dim ID_Relatiu As Integer  
    Dim Tract_Relatiu As Integer  
    ID_Relatiu = -(ActiveCell.Column - 1)  
    Tract_Relatiu = -(ActiveCell.Column - 2)  
    Do Until ActiveCell.Offset(0, Tract_Relatiu).Value = ""  
        ActiveCell.FormulaR1C1 = "=INDIRECT(R[0]C[-3])"  
        ActiveCell.Offset(0, 1).FormulaR1C1 = "=R[0]C[-1]*R[0]C[-6]"  
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
    Loop  
End Sub
```

5.1.3 Rutina MECI_Suma()

Esta rutina privada recorre toda la y realiza dos acciones para calcular los valores intermedios para obtener el indicador (es necesario agrupar):

- Agrupa por ID_Patch o por Tract en una columna la suma de los productos calculados anteriormente
- Divide la suma agrupada por el perímetro del ID_Patch correspondiente

Excel no tiene funciones de agrupación que se puedan adaptar a conjuntos de datos de dimensiones variables, lo que es necesario puesto que en la fórmula aparecen sumatorios.

Para solventar esta limitación se ha creado esta rutina que necesita que la tabla sobre la que se actúa esté ordenada por el campo ID_Patch y luego por el campo Tract.

```

Private Sub MECI_Suma()
    Dim Final As Long
    Range("L21").Select
    Dim ID_Relatiu As Integer
    Dim Tract_Relatiu As Integer
    ID_Relatiu = -(ActiveCell.Column - 1)
    Tract_Relatiu = -(ActiveCell.Column - 2)
    Do Until ActiveCell.Offset(0, Tract_Relatiu).Value = ""
        If ActiveCell.Offset(0, ID_Relatiu).Value_
        <> ActiveCell.Offset(-1, ID_Relatiu).Value _
        Or ActiveCell.Offset(0, Tract_Relatiu).Value _
        <> ActiveCell.Offset(-1, Tract_Relatiu).Value Then
            Final = 1
            Do While (ActiveCell.Offset(0, ID_Relatiu).Value = _
            ActiveCell.Offset(Final, ID_Relatiu).Value) _
            And (ActiveCell.Offset(0, Tract_Relatiu).Value = _
            ActiveCell.Offset(Final, Tract_Relatiu).Value)
                Final = Final + 1
            Loop
            ActiveCell.FormulaR1C1 = _
            "=SUM(R[0]C[-1]:R[" & Final - 1 & "]C[-1])"
            ActiveCell.Offset(0, 1).FormulaR1C1 = "=R[0]C[-1]/R[0]C[-5]"
        End If
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    Loop
End Sub

```

5.1.4 Rutina MECI_Total()

Esta rutina privada recorre toda la tabla y calcula el indicador por Tract:

- Agrupa por por Tract en una columna la media de las operaciones intermedias realizadas anteriormente
- Rellena en una celda adyacente el identificador del Tract correspondiente

```

Private Sub MECI_Total()
    Dim Final As Long
    Range("N21").Select
    Dim ID_Relatiu As Integer
    Dim Tract_Relatiu As Integer
    ID_Relatiu = -(ActiveCell.Column - 1)
    Tract_Relatiu = -(ActiveCell.Column - 2)
    Do Until ActiveCell.Offset(0, Tract_Relatiu).Value = ""
        If ActiveCell.Offset(0, Tract_Relatiu).Value <> _
        ActiveCell.Offset(-1, Tract_Relatiu).Value Then
            Final = 1
            Do While ActiveCell.Offset(0, Tract_Relatiu).Value = _
            ActiveCell.Offset(Final, Tract_Relatiu).Value
                Final = Final + 1
            Loop
            ActiveCell.FormulaR1C1 = _
            "=AVERAGE(R[0]C[-1]:R[" & Final - 1 & "]C[-1])"
            ActiveCell.Offset(0, 1).Value = _
            "" & ActiveCell.Offset(0, Tract_Relatiu).Value
        End If
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    Loop
End Sub

```

5.1.5 Rutina MECI_Resum()

Esta rutina construye una nueva tabla resumen de tres columnas con el siguiente contenido:

- La primera columna contiene el código de Tract
- La segunda columna copia de la hoja el valor de MECI que le corresponde al Tract de cada fila
- La tercera columna obtiene los valores de densidad de población de otra tabla (a modo del "join" de una base de datos) y los copia en la fila del Tract que le corresponde

```
Private Sub MECI_Resum()  
    Dim Index As Integer  
    Index = 0  
    Dim Tracts_Total As Integer  
    Dim TaulaTracts As Range  
    Set TaulaTracts = Range("Tracts!B2").CurrentRegion  
    Tracts_Total = TaulaTracts.Rows.Count  
    Range("O21").Select  
    Dim ID_Relatiu As Integer  
    Dim Tract_Relatiu As Integer  
    ID_Relatiu = -(ActiveCell.Column - 1)  
    Tract_Relatiu = -(ActiveCell.Column - 2)  
    Do Until ActiveCell.Offset(0, Tract_Relatiu).Value = ""  
        If ActiveCell.Value <> "" Then  
            Index = Index + 1  
            Range("R" & Index) = ActiveCell.Value  
            Range("S" & Index).Formula = _  
                "=" & ActiveCell.Offset(0, -1).Address(False, False)  
            Range("T" & Index).Formula = _  
                "=VLOOKUP(R" & Index & ",Tracts!$B$2:$E$" & _  
                    Tracts_Total & ",4)"  
        End If  
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select  
    Loop  
End Sub
```

6 Configuración del Solver

Ha sido necesario superar dos limitaciones de la herramienta Solver:

- No es posible optimizar para valores almacenados en más de una hoja
- Hay un máximo en el número de restricciones y de variables

6.1 Metodología para la optimización para datos en más de una hoja

Debido a que Solver solo puede optimizar celdas que pertenecen a una sola hoja, y sin embargo necesitamos utilizar más de una hoja por la limitación de número de filas de Excel explicada anteriormente, se ha desarrollado una metodología para utilizar los datos de las hojas dónde se realizan los cálculos de manera indirecta.

- En el encabezado de cada hoja, que contiene alrededor de 1.000.000 de filas, se ubica una tabla de contraste cuyos valores apuntan a la hoja donde se realizaran los cálculos
- En la hoja dónde se realiza la optimización se definen vínculos a las tablas resumen construidas en el apartado 5.1.5 y estos son los valores que se optimizan, utilizando indirectamente los cálculos preparados anteriormente

6.2 Metodología para la optimización de la matriz

El Solver de Excel tiene las siguientes limitaciones³:

- Maximum number of Constraints: 100
- Maximum number of Decision Variables: 200

La matriz utilizada tiene 14x14 celdas (196 celdas) y para poder utilizar el Solver se han tenido que hacer algunas simplificaciones para pasar de 196 variables a 78⁴:

- Se ha considerado que el contraste con el agua es 100% (reducción en 26 variables)
- Se ha considerado que los valores en la diagonal son 0% (reducción en 14 variables)
- Se ha asumido que la matriz era simétrica y se han colocado referencias en uno de los triángulos que la conforman (reducción de 78 variables)

³ <http://www.solver.com/suppstdsizelim.htm>

⁴ $78 = 1+2+3+4+5+6+7+8+9+11+12$

6.3 Parámetros

Se ha maximizado el coeficiente de determinación (R^2) con la siguiente fórmula:

```
=COEFICIENTE . R2 ( RANGO_INDICADOR ; RANGO_DENSIDAD )
```

Como queremos que los valores de la matriz estén comprendidos entre 0 y 1, se ha forzado que los valores fueran positivos y se han añadido la restricción de ser menor o igual a 1 a las 78 variables.

Se han ensayado los siguientes métodos de optimización:

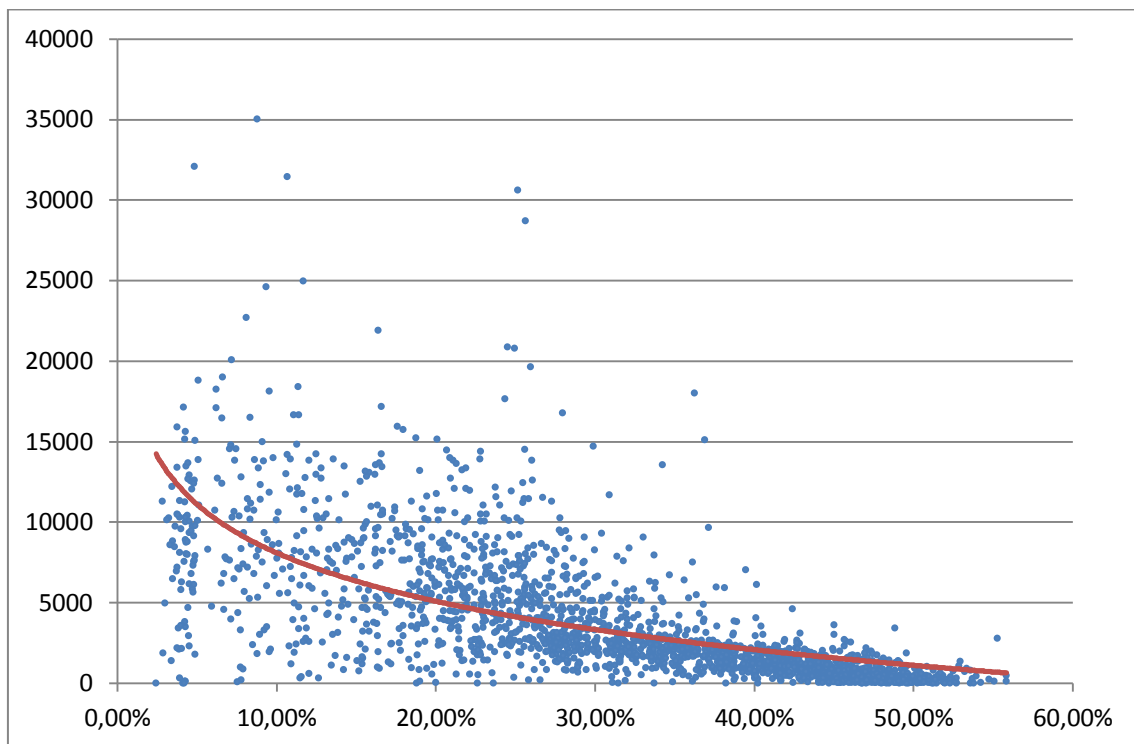
- GRG Non-Linear
- Simplex LP
- Evolutionary

7 Resultados obtenidos

Los resultados más ajustados se han obtenido con GRG Non-Linear, obteniéndose los valores de R^2 siguientes:

- Chicago: 0,46166849
- Los Angeles (Orange County): 0,419179665

El gráfico de dispersión X-Y para Chicago después de la optimización es el siguiente:



En la página siguiente aparece la matriz obtenida para Chicago, dónde se remarca en un cuadro los usos de suelo urbanizado.

En las últimas páginas aparecen los mapas (sin escala) con los valores optimizados para Chicago y Orange County.

	11	21	22	23	24	31	41	42	43	52	71	81	82	90	95
Open Water	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Developed, Open Space	100,00%	0,00%	60,50%	100,00%	100,00%	25,70%	34,15%	81,38%	80,02%	100,00%	51,25%	68,40%	51,04%	99,36%	83,11%
Developed, Low Intensity	100,00%	60,50%	0,00%	34,68%	59,64%	0,00%	60,66%	80,68%	80,01%	100,00%	20,75%	89,59%	65,55%	89,37%	84,86%
Developed, Medium Intensity	100,00%	100,00%	34,68%	0,00%	5,51%	72,13%	98,71%	80,01%	80,01%	86,88%	90,42%	83,03%	86,94%	81,37%	80,52%
Developed, High Intensity	100,00%	100,00%	59,64%	5,51%	0,00%	60,93%	88,20%	80,02%	80,00%	80,66%	100,00%	80,97%	83,97%	80,12%	80,38%
Barred Land	100,00%	25,70%	0,00%	72,13%	60,93%	0,00%	20,11%	20,00%	20,00%	20,00%	20,22%	19,98%	19,86%	20,00%	19,99%
Deciduous Forest	100,00%	34,15%	60,66%	98,71%	88,20%	0,00%	0,00%	20,82%	20,01%	39,80%	52,34%	22,67%	34,38%	29,80%	21,45%
Evergreen Forest	100,00%	81,38%	80,68%	80,01%	80,02%	20,00%	20,82%	0,00%	20,00%	20,00%	20,06%	20,01%	20,01%	20,05%	20,00%
Mixed Forest	100,00%	80,02%	80,01%	80,01%	80,00%	20,00%	20,01%	0,00%	0,00%	20,00%	20,00%	20,00%	20,01%	20,00%	20,00%
Shrub / Scrub	100,00%	100,00%	100,00%	86,88%	80,66%	20,00%	39,80%	20,00%	20,00%	0,00%	35,07%	20,28%	21,69%	20,09%	20,04%
Grassland / Herbaceous	100,00%	51,25%	20,75%	90,42%	100,00%	20,22%	52,34%	20,06%	20,00%	35,07%	0,00%	28,34%	45,69%	20,85%	20,05%
Pasture Hay	100,00%	68,40%	89,59%	83,03%	80,97%	19,98%	22,67%	20,01%	20,00%	20,28%	28,34%	0,00%	20,93%	20,13%	20,10%
Cultivated Crops	100,00%	51,04%	65,55%	81,37%	80,12%	19,86%	34,38%	20,01%	20,00%	21,69%	45,69%	20,93%	0,00%	21,19%	20,60%
Woody Wetlands	100,00%	99,36%	89,37%	81,37%	80,12%	20,00%	29,80%	20,00%	20,00%	20,09%	20,85%	20,13%	21,19%	0,00%	20,95%
Emergent Herbaceous Wetlands	100,00%	83,11%	84,86%	80,52%	80,38%	19,99%	21,45%	20,00%	20,00%	20,04%	20,05%	20,10%	20,60%	20,95%	0,00%

