



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS  
CC3501 MODELACIÓN Y COMPUTACIÓN GRÁFICA PARA INGENIEROS

## TAREA 1

### Modelación de un Litoral

Daniela Campos  
danielacamposfischer@gmail.com

Profesora:  
Nancy Hitschfeld K.

Auxiliares:  
Pablo Pizarro R.  
Pablo Polanco

Fecha:  
16 de Abril del 2017

## Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Análisis del Problema</b>	<b>3</b>
2.1	Problema . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Solución del Problema</b>	<b>5</b>
3.1	Generación Terreno Aleatorio . . . . .	5
3.2	Solución Numérica . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Resultados y Análisis</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Anexos</b>	<b>10</b>

---

## 1 Introducción

En el presente informe se estudiará las el comportamiento térmico de la atmosfera sujeto a cambios de horario y la implementación de una Planta Industrial que emite calor al ambiente, con el objetivo de ver el impacto ambiental de una Planta de esta embergadura.

El problema fue modelado a traves de una matriz, a la cual se le asignaban valores de acuerdo a la altura y hora del día, además de formar en ella una coordillera de manera aleatoria. Con lo valores ya presentes en la matriz, se itera con el objetivo de obtener una modelación realista.

---

## 2 Análisis del Problema

### 2.1 Problema

El problema propuesto, consiste en que se debe modelar una porción cualquiera de un litoral. El perfil debe tener de un 30% a un 40% de mar y el sector continental tiene coordilleras, las cuales deben ser modeladas de manera aleatoria. La Planta Industrial se ubicará en la playa, al nivel del mar.

Como es de esperar, la temperatura del mar y del suelo influyen la temperatura de atmósfera, pero no viceversa. La temperatura del mar varía de la siguiente forma <sup>1</sup>:

$$T = 4 \quad t \in [0, 8]$$

$$T = 4 + 2 * (t - 8) \quad t \in ]8, 16]$$

$$T = 20 - 2 * (t - 16) \quad t \in ]16, 24]$$

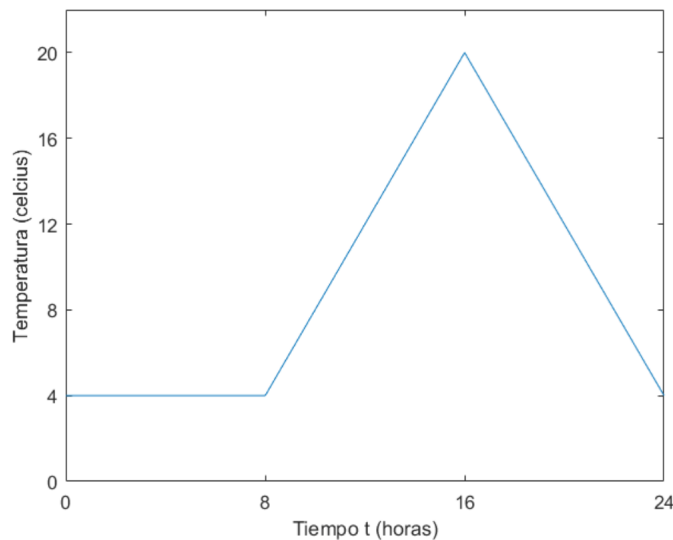


Figura 1: Variación de la Temperatura del Mar a lo largo del día

---

<sup>1</sup>A lo largo de este informe la temperatura se identificará con T y la hora con t

La temperatura de la atmósfera a nivel del mar (en ausencia de la planta) posee igual variación respecto a la hora que el mar, pero decae linealmente en 6°C cada 1000 metros. La temperatura del atmósfera también se verá afectada por la temperatura de la cordillera, la cual será considerada como 15° C, y por la Planta Industrial, una vez que esté incorporada a la modelación. El calor emitido por la planta, que está al nivel del mar y tiene un ancho de 100 m, posee el siguiente comportamiento:

$$T = 500 * (\cos(\frac{t * \pi}{12}) + 2)^\circ[C] \quad t \in [0, 24]$$

---

## 3 Solución del Problema

Para resolver el problema se creó la Clase Litoral, la cual posee un constructor y tres métodos, uno para iterar, otro para imprimir la matriz y el último para graficarla.

En el constructor se construye la matriz, se determina de manera aleatoria el porcentaje de mar que habrá y se crea la cordillera.

### 3.1 Generación Terreno Aleatorio

La cordillera se genera a partir del índice donde termina el mar  $j$  y a partir de una altura de 100m, dada una discretización de 100m, con índice  $i$ . Se eligió de manera aleatoria entre  $i + 1$  e  $i - 1$  a medida que se iba avanzando de izquierda a derecha, otorgándole a la celda obtenida un valor NaN. Luego se recorre la matriz buscando valores Nan, si se encuentra uno, todas las celdas con un índice  $i$  mayor pasarán a ser NaN.

### 3.2 Solución Numérica

La modelación se realizó utilizando un método iterativo, en particular el Método de Sobrerelajación Sucesiva, contando con condiciones de Dirichlet. De acuerdo a la función que da la temperatura del atmosfera se obtuvieron los valores para el interior de la matriz, junto con los bordes laterales y el superior. Parte de los valores interiores de la matriz tenían un valor NaN ya que eran parte de la cordillera, estos fueron ignorados en esta etapa del proceso.

Se consideraron suficientes 1000 iteraciones para llegar a un resultado realista. La iteración se hacía sobre el interior de la matriz, sin considerar la cordillera, ya que para efectos de este modelo los bordes se mantenían constantes.

Se creó un método "iterate" en la Clase Litoral<sup>2</sup>, que iteraba sobre cada valor de la matriz, otorgándole el promedio de los valores adyacentes, en el caso de que uno o mas de ellos fueran cordillera, se reemplazaban por  $15^{\circ}C$  (temperatura del suelo). Se siguió la siguiente formula, considerando a  $i, j$  los índices de la celda sobre la cual se está trabajando:

$$matriz[i, j] = 0.25 * (matriz[i + 1, j] + matriz[i - 1, j] + matriz[i, j + 1] + matriz[i, j - 1])$$

Para la modelación que tenía incorporada la Planta Industrial, se siguió el mismo procedimiento, pero incorporando la temperatura emitida por la Planta al nivel del mar.

---

<sup>2</sup>Se puede encontrar el código para la Clase Litoral, junto con sus métodos en el Anexo 1

---

## 4 Resultados y Análisis

A continuación se presentaran los resultados obtenidos de la modelación, todos estos se basaron en un mismo perfil, es decir tienen la misma cordillera. La iteración sobre la atmosfera se realizó de manera posterior utilizando el metodo "solve" y "solvefab"<sup>3</sup>:

### 1. Gráficos para $t = 0$ :

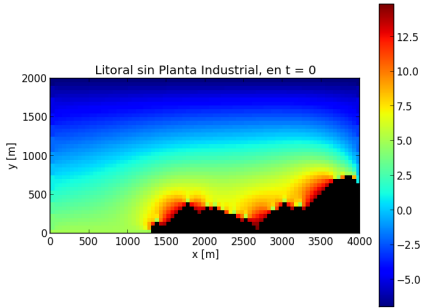


Figura 2: Litoral Sin Planta  $t = 0$

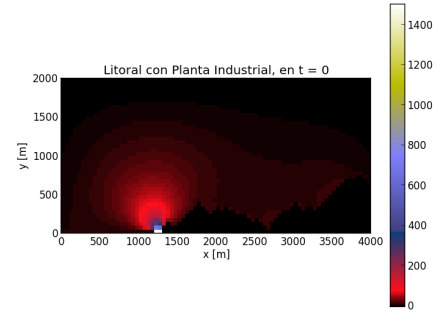


Figura 3: Litoral Con Planta  $t = 0$

### 2. Gráficos para $t = 8$ :

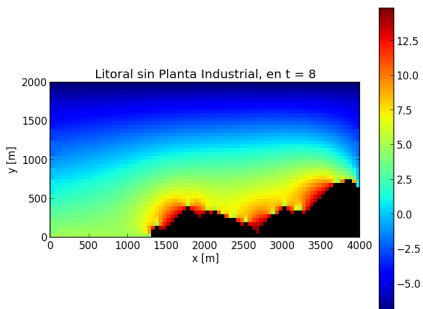


Figura 4: Litoral Sin Planta  $t = 8$

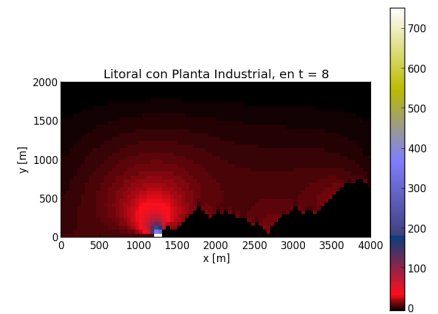


Figura 5: Litoral Con Planta  $t = 8$

---

<sup>3</sup>Ambos métodos pueden ser encontrados en los Anexos 1 y 2 respectivamente

---

### 3. Gráficos para $t = 12$ :

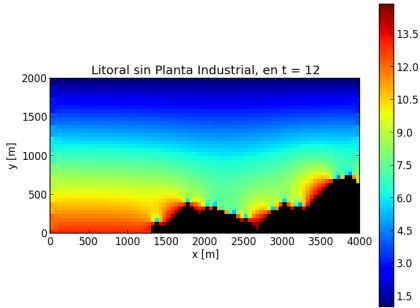


Figura 6: Litoral Sin Planta  $t = 12$

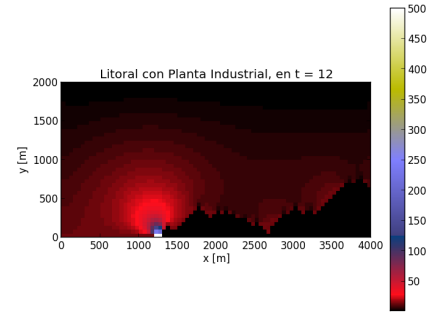


Figura 7: Litoral Con Planta  $t = 12$

### 4. Gráficos para $t = 16$ :

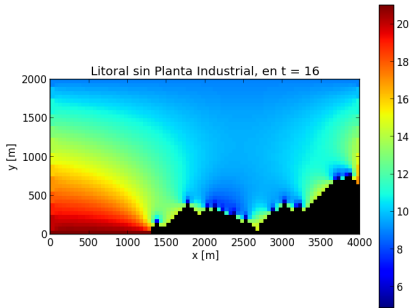


Figura 8: Litoral Sin Planta  $t = 16$

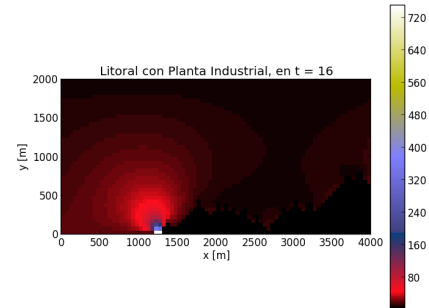


Figura 9: Litoral Con Planta  $t = 16$

### 5. Gráficos para $t = 20$ :

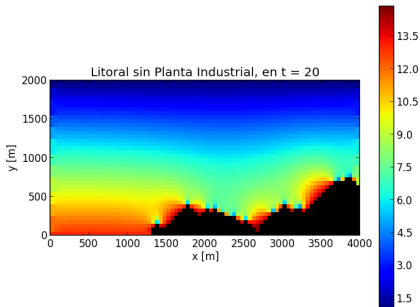


Figura 10: Litoral Sin Planta  $t = 20$

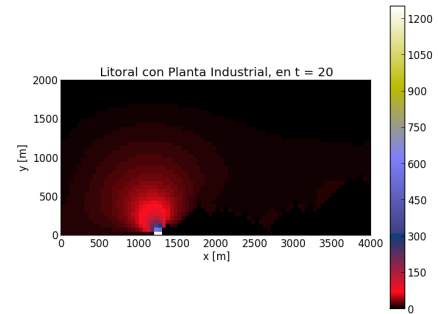


Figura 11: Litoral Con Planta  $t = 20$



---

Se puede apreciar que no hay diferencias entre la Figura 2 y la Figura 4 dado que para  $t = 0$  y  $t = 8$  la temperatura del mar es la misma, por lo tanto, su efecto en la atmosfera será el mismo. Por otro lado, los gráficos de las Figuras 3 y 5 son diferentes, esto se debe a que, a pesar de que el mar tiene igual temperatura en ambos, las emisiones producidas por la planta varían de acuerdo a la hora, en  $t = 0$ , las emisiones tienen una temperatura de  $1500^{\circ}C$ , en cambio en  $t = 8$ , las emisiones llegan a temperaturas cercanas a los  $750^{\circ}C$ .

Se puede observar que los gráficos de las Figuras 6 y 10 son muy similares, y esto se debe a que la temperatura del mar es igual en  $t = 12$  y en  $t = 20$ , pero sus contrapartes con Planta Industrial, no son similares, la Figura 11 alcanza temperaturas de  $1250^{\circ}C$  mientras que la Figura 7 solo llega a  $500^{\circ}C$ .

La Figura 8, es la modelación sin la Planta Industrial, que llega a las temperaturas mas altas, esto se debe a que en  $t = 16$ , la temperatura del mar alcanza los  $20^{\circ}C$ , por lo que las zonas de la atmósfera que estén mas cercanas al mar tendrán mayor temperatura, a diferencia de por ejemplo la Figura 4 donde las mayores temperaturas se encuentran en las zonas mas apegadas a la cordillera, dado que en este caso la temperatura del mar es inferior a la temperatura del suelo.

A pesar de que en  $t = 16$  se tienen las temperaturas mas altas para la modelación sin la planta Industrial, lo mismo no pasa con la modelación que incluye a la planta, esto se debe a que el efecto del mar en la atmosfera es insignificante frente a la temperatura de las emisiones de la planta, las cuales son mas grandes en un  $t = 0$ , esto se debe al comportamiento de la función  $\cos()$ , que tiene su valor máximo evaluado en 0.

Para la modelación que incorpora a la Planta Industrial, las menores temperaturas medias se obtienen para  $t = 12$ , en cambio para la modelación sin la Planta Industrial, las menores temperaturas medias se encuentran entre  $t = 0$  y  $t = 8$ .

Por todas las observaciones anteriores, se puede concluir que los resultados obtenidos tienen sentido, y son una buena aproximación de los efectos que tendría una Planta Industrial en un Litoral.

---

## 5 Conclusion

Tras analizar los resultados de la modelación, se puede concluir que el Método de Iteración, funciona de muy buena manera a la hora de hacer modelaciones de este estilo, ya que se obtuvieron resultados congruentes con los datos entregados, tanto de la temperatura del mar, atmósfera y de las emisiones de la Planta Industrial.

El impacto ambiental de poner una Planta Industrial al nivel del mar, entre la cordillera y el mar, es muy grande, ya que las temperaturas podrían llegar a aumentar hasta  $1400^{\circ}C$  por sobre las temperaturas normales del litoral, lo que podría afectar el ecosistema en la zona.

---

## 6 Anexos

### 1. Anexo 1 :

```
class Litoral(object):
    def __init__(self, ancho, alto, h):

        #Constructor
        #:param ancho: Ancho del sistema
        #:param alto: Alto del sistema
        #:param h: Espaciado de la malla

        # Almacenamos valores
        self.ancho = ancho
        self.alto = alto
        self.dh = h

        # Almacenamos cantidad de celdas de mi matriz
        self.w = ancho / h
        self.h = alto / h

        # Creamos la matriz (mallado)
        self.matrix = np.zeros((self.h, self.w))

        # Condicion de borde

        # :param i: porcentaje de mar
        i = random.randrange(30, 40)

        # :param cantmar = cantidad de celdas que tienen mar

        # cantmar - 1 es el indice donde termina el mar,
        # el cerro comienza en el indice cantmar
        cantmar = self.w * i / 100
        self.cantmar = cantmar
        # Creamos la primera linea de la matriz
        for k in range(self.cantmar, self.w):
            self.matrix[self.h - 1, k] = np.nan;
```

---

```

        # Creamos el borde de la coordillera
        ei = self.h - 2
        ej = cantmar
        self.matrix[ei, ej] = np.nan

        for l in range(cantmar + 1, self.w, 1):
            if (ei > self.h - 2):
                ei = ei - 1
            elif (ei < 1):
                ei = ei + 1

        ie = random.randint(ei - 1, ei + 1)
        self.matrix[ie, l] = np.nan
        ei = ie

        # Rellenamos la coordillera con nan's

        for n in range(0, self.h):
            for m in range(0, self.w):
                if math.isnan(self.matrix[n, m]):
                    for p in range(n + 1, self.h - 1, 1):
                        self.matrix[p, m] = np.nan

def __str__(self):

    # Imprime la matriz,
    #: return:

    print self.matrix
    return ''

def iterate(self):

    # Itera
    #: return: Retorna nada, hace algo

    for _ in tqdm.tqdm(range(ITERATIONS)):
        # Trabajamos en el interior del sistema
        for i in range(self.h - 2, 0, -1): # fila
            for j in range(1, self.w - 1): # columnas
                if math.isnan(self.matrix[i, j]):

```

---

**continue**

```
elif (math.isnan(self.matrix[i + 1, j]) &
      math.isnan(self.matrix[i, j - 1]) &
      math.isnan(self.matrix[i, j + 1])):
    self.matrix[i, j] = 0.25 *
        (self.matrix[i - 1, j] + 3*15)

elif (math.isnan(self.matrix[i + 1, j]) &
      math.isnan(self.matrix[i, j - 1])):
    self.matrix[i, j] = 0.25 *
        (self.matrix[i - 1, j] + 2*15
         + self.matrix[i, j + 1])

elif (math.isnan(self.matrix[i + 1, j]) &
      math.isnan(self.matrix[i, j + 1])):
    self.matrix[i, j] = 0.25 *
        (self.matrix[i - 1, j] + 2*15 +
         self.matrix[i, j - 1])

elif (math.isnan(self.matrix[i, j - 1]) &
      math.isnan(self.matrix[i, j + 1])):
    self.matrix[i, j] = 0.25 *
        (self.matrix[i - 1, j] + self.matrix[i + 1, j]
         + 15*2)

elif math.isnan(self.matrix[i + 1, j]):
    self.matrix[i, j] = 0.25 *
        (self.matrix[i - 1, j] + 15 +
         self.matrix[i, j - 1] - self.matrix[i, j + 1])

elif math.isnan(self.matrix[i, j - 1]):
    self.matrix[i, j] = 0.25 *
        (self.matrix[i - 1, j] + self.matrix[i + 1, j]
         + 15 + self.matrix[i, j + 1])

elif math.isnan(self.matrix[i, j + 1]):
    self.matrix[i, j] = 0.25 *
        (self.matrix[i - 1, j] + self.matrix[i + 1, j]
         + self.matrix[i, j - 1] + 15)
```

---

```

        else:
            self.matrix[i, j] = 0.25 *
            (self.matrix[i - 1, j] + self.matrix[i + 1, j]
             + self.matrix[i, j - 1] +
             self.matrix[i, j + 1])

def plot(self, titulo):

    #Plotea la solucion
    #:return:

    mpl.rcParams['axes.facecolor'] = '000000'

    fig = plt.figure()
    ax = fig.add_subplot(111)
    ax.set_title(titulo)
    ax.set_xlabel("x[m]")
    ax.set_ylabel("y[m]")
    extnt = [0, self.anch, 0, self.alto];

    # Se agrega grafico al plot

    cax = ax.imshow(self.matrix, interpolation=
                    'none', extent=extnt)
    fig.colorbar(cax)

    plt.show()

def plotfab(self, titulo):

    #Plotea la solucion
    #:return:

    mpl.rcParams['axes.facecolor'] = '000000'

    fig = plt.figure()
    ax = fig.add_subplot(111)
    ax.set_title(titulo)
    ax.set_xlabel("x[m]")
    ax.set_ylabel("y[m]")
    extnt = [0, self.anch, 0, self.alto];

```

---

```
# Se agrega grafico al plot

cax = ax.imshow(self.matrix, interpolation=
                'none', extent=extnt, cmap=cm.gist_stern)
fig.colorbar(cax)

plt.show()
```

---

## 2. Anexo 2:

```
def solve(lit, hora):  
  
    for j in range(0, lit.cantmar):  
        lit.matrix[lit.h - 1, j] = tempmar(hora)  
  
    for i in range(0, lit.h):  
        for j in range(0, lit.w):  
  
            if math.isnan(lit.matrix[i, j]):  
                continue  
            else:  
                lit.matrix[i, j] = atmosfera(tempmar(hora),  
                                              (lit.h - 1 - i) * lit.dh, lit.dh)  
  
    lit.iterate()  
    print lit  
    lit.plot(("Litoral sin Planta Industrial, ent=" + str(hora)))
```



---

### 3. Anexo 3:

```
def solvefab(lit , hora):

    for j in range(0, lit.cantmar):
        lit.matrix[lit.h - 1, j] = tempmar(hora)

    for i in range(0, lit.h):
        for j in range(0, lit.w):

            if math.isnan(lit.matrix[i, j]):
                continue
            else:
                lit.matrix[i, j] = atmosfera(tempmar(hora),
                                                (lit.h - 1 - i) * lit.dh, lit.dh)

    cantfabrica = 100/lit.dh

    for k in range(lit.cantmar - 1,
                    lit.cantmar - 1 - cantfabrica, -1):
        lit.matrix[lit.h - 1, k] = tempfabrica(hora)

    lit.iterate()
    print lit
    lit.plotfab(("Litoral con Planta Industrial, ent = " +
                 str(hora)))
```