

# Actividad 11: Apocalipsis Zombie

Ana Gabriela Carretas Talamante

01 de mayo de 2016

## 1. Introducción

Un zombie es una persona que ha perdido su sentido de conciencia e identidad, y que solo le importa la destrucción (y en veces el consumo) de cualquier humano alrededor, sin importar la circunstancias o el costo del mismo. Técnicamente, los verdaderos zombies son muertos reanimados con un instinto asesino de propagar el estado de “zombieidad” [1].



Figura 1: Zombies subiendo una muralla en la película de “Guerra Mundial Z” [2].

En la presente actividad se realizan diferentes gráficas que ilustran las poblaciones de humanos y zombies en diferentes casos de propagación. Cada modelo involucra distintos tipos de población; por practicidad, mencionamos estos a continuación.

### 1.1. Tipos de población

- **Susceptibles (S):** Población humana que puede infectarse, morir o convertirse en zombie.
- **Zombie (Z):** Población zombieificada.
- **Removidos (R):** Población que ha muerto, pero puede volverse zombie (los zombies al ser removidos no pueden resucitar).

- **Infectados (I):** Población que tras estar infectada puede morir (pasar a los removidos) o convertirse en zombie.
- **Cuarentena (Q):** Población infectada, zombie o removida que no puede infectar a susceptibles mientras se mantenga en cuarentena.

Ahora, comenzaremos a describir cada caso propuesto por el artículo [3], y con ayuda del tutorial [4], poder graficar cada uno.

## 2. Modelo básico

En este modelo participan tres clases de población: S, R, Z. El diagrama de flujo de población se presenta en la figura 2; como se puede notar, aparece dentro del modelo el uso de diversos parámetros, asociados con este mismo flujo poblacional.

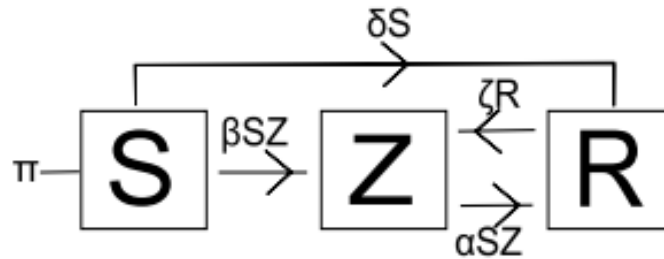


Figura 2: Modelo básico [3].

### Parámetros utilizados por el modelo

- $\delta$ : Tasa de muertes humana.
- $\alpha$ : Tasa de muertes zombie.
- $\zeta$ : Tasa de transmisión zombie-muerto.
- $\beta$ : Tasa de transmisión zombie-sano.
- $\Pi$ : Tasa de natalidad humana.

### Programa: Modelo básico.

```

# Modelo Basico
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import odeint

```

```

P = 0          # Tasa de natalidad humana
d = 0.0001     # Tasa de muertes humana
B = 0.0095     # Tasa de transmisión zombie-sano
G = 0.0001     # Tasa de transimisión zombie-muerto
A = 0.005      # Tasa de muertes zombie

#Planteando el SED
def f(y, t):
    Si = y[0]
    Zi = y[1]
    Ri = y[2]

    #Las ecuaciones modelo por el articulo
    f0 = P - B*Si*Zi - d*Si
    f1 = B*Si*Zi + G*Ri - A*Si*Zi
    f2 = d*Si + A*Si*Zi - G*Ri
    return [f0, f1, f2]

#Condiciones iniciales
S0 = 500.          # Sanos
Z0 = 0             # Zombies
R0 = 0             # Muertos
y0 = [S0, Z0, R0]  # Vector de CI
t = np.linspace(0, 20, 1000)  # Tiempo desde la infeccion

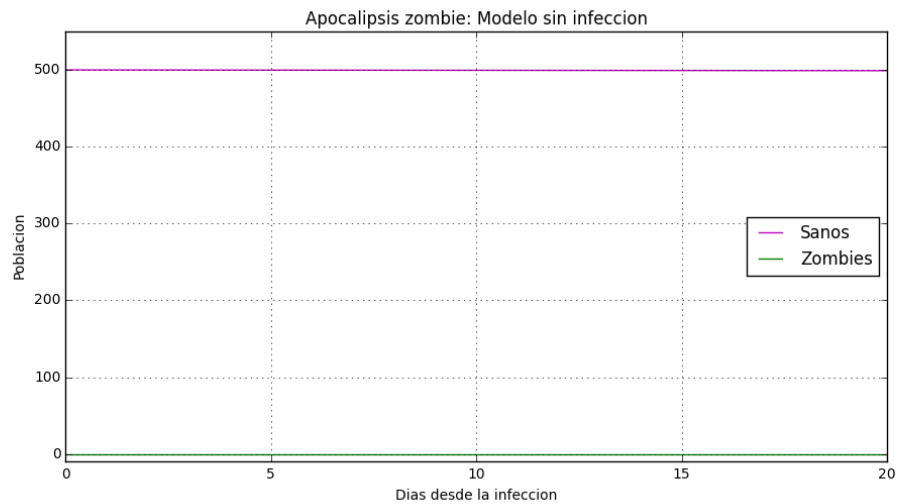
#Resolviendo el SED
soln = odeint(f, y0, t)
S = soln[:, 0]
Z = soln[:, 1]
R = soln[:, 2]

#Graficando suave
plt.grid()
plt.plot(t, S, "m", label='Sanos')
plt.plot(t, Z, "g", label='Zombies')
plt.xlabel('Dias desde la infeccion')
plt.ylabel('Poblacion')
plt.xlim(0,20)
plt.ylim(-10,550)
plt.title('Apocalipsis zombie: Modelo Basico')
plt.legend(loc=0)

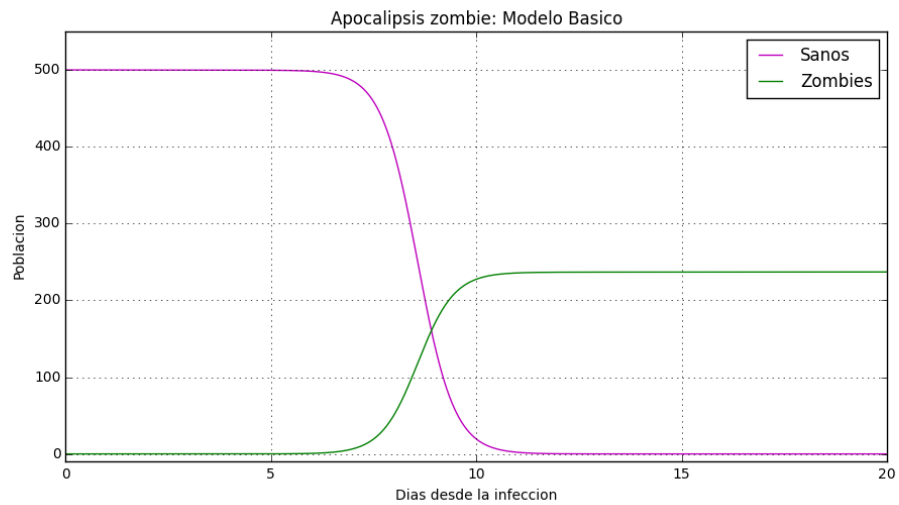
```

```
#Pa' guardar la foto sin problemas
fig = matplotlib.pyplot.gcf()
fig.set_size_inches(10.5,5.5)
fig.savefig('Z1.png',dpi=100)
```

## Gráficas obtenidas



(a) Modelo básico con 0 tasa de transmisión zombie-humano.



(b) Modelo básico con cierta tasa de transmisión infecciosa.

Figura 3: Dos versiones del modelo básico.

### 3. Modelo con infección latente

En este modelo participan cuatro clases de población: S, I, Z, R. El diagrama de flujo de población se presenta en la figura 4.

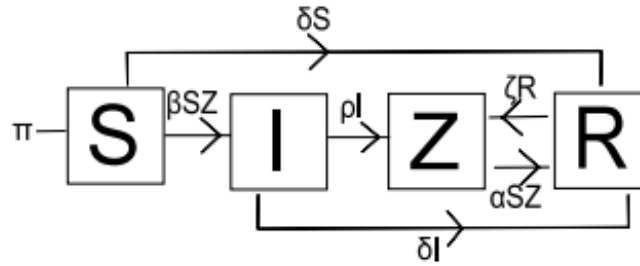


Figura 4: Modelo con infección latente [3].

#### Parámetros utilizados por el modelo

- $\delta$ : Tasa de muertes humana.
- $\alpha$ : Tasa de muertes zombie.
- $\zeta$ : Tasa de transmisión zombie-muerto.
- $\beta$ : Tasa de transmisión zombie-sano.
- $\rho$ : Tasa de transmisión zombie-infectado.
- $\Pi$ : Tasa de natalidad humana.

#### Programa: Modelo infección latente.

```
#Modelo con Infeccion Latente
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import odeint

P = 0          # Tasa de natalidad humana
d = 0.0001     # Tasa de muertes humana
B = 0.0095     # Tasa de transmisión zombie-sano
G = 0.0001     # Tasa de transimisión zombie-muerto
A = 0.0001     # Tasa de muertes zombie
rho = 0.3      # Tasa de transmisión zombie-infectado
```

```

#Planteando el SED
def f(y, t):
    Si = y[0]
    Ii = y[1]
    Zi = y[2]
    Ri = y[3]

    #Las ecuaciones modelo por el articulo
    f0 = P - B*Si*Zi - d*Si
    f1 = B*Si*Zi - rho*Ii - d*Ii
    f2 = rho*Ii + G*Ri - A*Si*Zi
    f3 = d*Si + d*Ii + A*Si*Zi - G*Ri
    return [f0, f1, f2, f3]

#Condiciones iniciales
S0 = 500.                # Sanos
I0 = 1                   # Infectados
Z0 = 0                   # Zombies
R0 = 0                   # Muertos
y0 = [S0, I0, Z0, R0]    # Vector de CI
t = np.linspace(0, 50, 1000)    # Tiempo desde la infeccion

#Resolviendo el SED
soln = odeint(f, y0, t)
S = soln[:, 0]
I = soln[:, 1]
Z = soln[:, 2]
R = soln[:, 3]

#Graficando suave
plt.grid()
plt.plot(t, S, "m", label='Sanos')
plt.plot(t, Z, "g", label='Zombies')
plt.xlabel('Dias desde la infeccion')
plt.ylabel('Poblacion')
plt.xlim(0,50)
plt.ylim(-10,550)
plt.title('Apocalipsis zombie: Modelo con Infeccion Latente')
plt.legend(loc=5)

#Pa' guardar la foto sin problemas
fig = matplotlib.pyplot.gcf()
fig.set_size_inches(10.5,5.5)
fig.savefig('Z2.png',dpi=100)

```

## Gráficas obtenidas

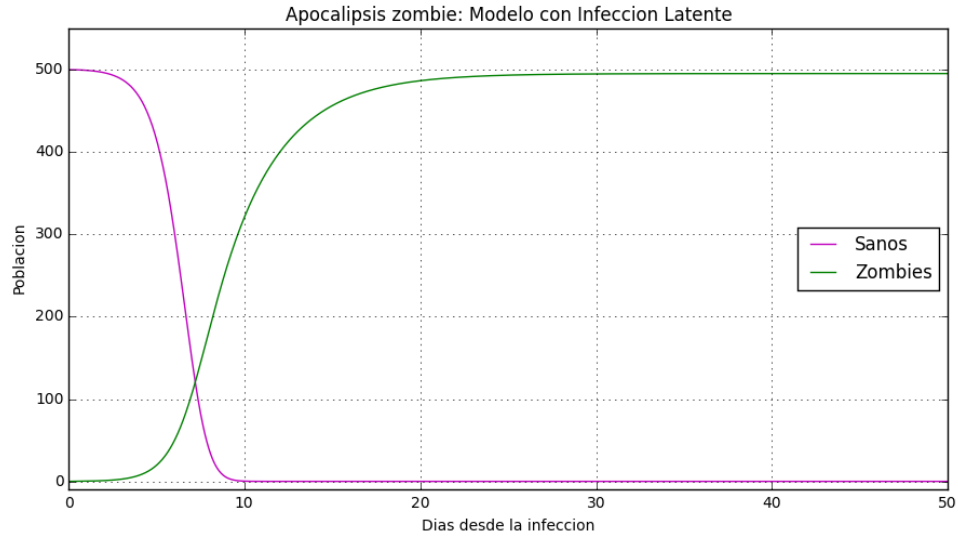


Figura 5: Modelo con infección latente.

## 4. Modelo con cuarentena

En este modelo participan cuatro clases de población: S, I, Z, R, Q. El diagrama de flujo de población se presenta en la figura 6.

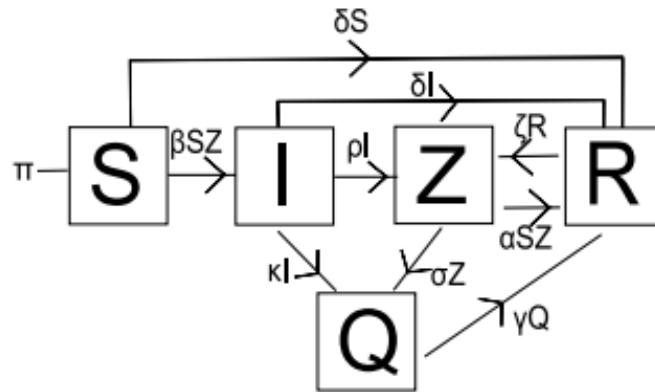


Figura 6: Modelo con cuarentena [3].

### Parámetros utilizados por el modelo

- $\delta$ : Tasa de muertes humana.
- $\alpha$ : Tasa de muertes zombie.

- $\gamma$ : Tasa de muertes en cuarentena.
- $\zeta$ : Tasa de transmisión zombie-muerto.
- $\beta$ : Tasa de transmisión zombie-sano.
- $\rho$ : Tasa de transmisión zombie-infectado.
- $\kappa$ : Tasa de infectados en cuarentena.
- $\sigma$ : Tasa de zombies en cuarentena.
- $\Pi$ : Tasa de natalidad humana.

## Programa: Modelo con cuarentena.

```
#Modelo con Cuarentena
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import odeint

P = 0          # Tasa de natalidad humana
d = 0.0001     # Tasa de muertes humana
B = 0.0095     # Tasa de transmisión zombie-sano
G = 0.0001     # Tasa de transmisión zombie-muerto
A = 0.0001     # Tasa de muertes zombie
rho = 0.5      # Tasa de transmisión zombie-infectado
k = 0.001      # Tasa de infectados en cuarentena
sigma = 0.009  # Tasa de zombies en cuarentena
Ga = 0.004     # Tasa de muertes en cuarentena

#Planteando el SED
def f(y, t):
    Si = y[0]
    Ii = y[1]
    Zi = y[2]
    Ri = y[3]
    Qi = y[4]

    #Las ecuaciones modelo por el articulo
    f0 = P - B*Si*Zi - d*Si
    f1 = (B*Si*Zi)-(rho*Ii)-(d*Ii)-(k*Ii)
    f2 = (rho*Ii) + (G*Ri)-(A*Si*Zi)-(sigma*Zi)
    f3 = (d*Si) + (d*Ii) + (A*Si*Zi)-(G*Ri)+(Ga*Qi)
    f4 = (k*Ii)+(sigma*Zi)-(Ga*Qi)
    return [f0, f1, f2, f3, f4]
```



```

#Condiciones iniciales
S0 = 500.          # Sanos
I0 = 100           # Infectados
Z0 = 0             # Zombies
R0 = 0             # Muertos
Q0 = 0

y0 = [S0, Z0, R0, I0, Q0]      # Vector de CI
t = np.linspace(0, 100, 1000)  # Tiempo desde la infeccion

#Resolviendo el SED
soln = odeint(f, y0, t)
S = soln[:, 0]
I = soln[:, 1]
Z = soln[:, 2]
R = soln[:, 3]
Q = soln[:, 4]

#Graficando suave
plt.grid()
plt.plot(t, S, "m", label='Sanos')
plt.plot(t, Z, "g", label='Zombies')
plt.xlabel('Dias desde la infeccion')
plt.ylabel('Poblacion')
plt.xlim(0,100)
plt.ylim(-10,550)
plt.title('Apocalipsis zombie: Modelo con Cuarentena')
plt.legend(loc=5)

#Pa' guardar la foto sin problemas
fig = matplotlib.pyplot.gcf()
fig.set_size_inches(10.5,5.5)
fig.savefig('Z3.png',dpi=100)

```

## Gráficas obtenidas

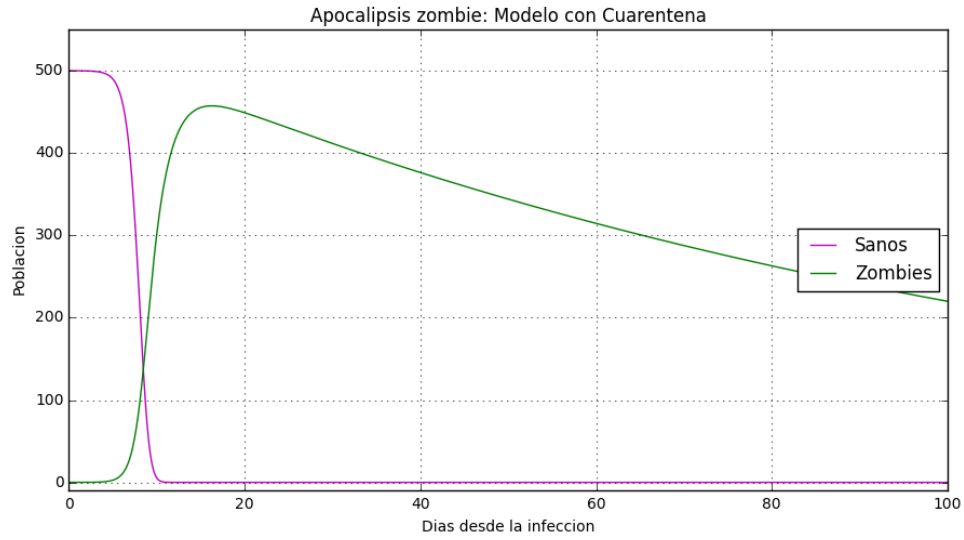


Figura 7: Modelo con cuarentena.

## 5. Modelo con cura

En este modelo participan cuatro clases de población: S, I, Z, R. El diagrama de flujo de población se presenta en la figura 8.

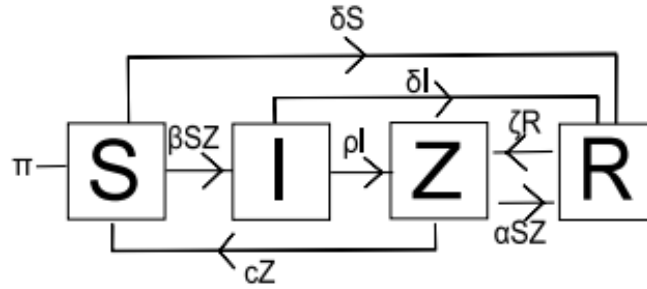


Figura 8: Modelo con cura [3].

### Parámetros utilizados por el modelo

- $\delta$ : Tasa de muertes humana.
- $\alpha$ : Tasa de muertes zombie.
- $\zeta$ : Tasa de transmisión zombie-muerto.
- $\beta$ : Tasa de transmisión zombie-sano.

- $\rho$ : Tasa de transmisión zombie-infectado.
- $c$ : Tasa de cura de zombies.
- $\Pi$ : Tasa de natalidad humana.

## Programa: Modelo con cura.

```
#Modelo con Cura
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.integrate import odeint

P = 0          # Tasa de natalidad humana
d = 0.0001     # Tasa de muertes humana
B = 0.0095     # Tasa de transmisión zombie-sano
G = 0.0001     # Tasa de transmisión zombie-muerto
A = 0.0001     # Tasa de muertes zombie
rho = 0.3      # Tasa de transmisión zombie-infectado
c = 0.2        # Tasa de cura de zombies

#Planteando el SED
def f(y, t):
    Si = y[0]
    Ii = y[1]
    Zi = y[2]
    Ri = y[3]

    #Las ecuaciones modelo por el articulo
    f0 = P - B*Si*Zi - d*Si + c*Zi
    f1 = B*Si*Zi - rho*Ii - d*Ii
    f2 = rho*Ii + G*Ri - A*Si*Zi - c*Zi
    f3 = d*Si + d*Ii + A*Si*Zi - G*Ri
    return [f0, f1, f2, f3]

#Condiciones iniciales
S0 = 500.          # Sanos
I0 = 4             # Infectados
Z0 = 0             # Zombies
R0 = 0             # Muertos
y0 = [S0, I0, Z0, R0] # Vector de CI
t = np.linspace(0, 100, 1000) # Tiempo desde la infeccion
```

```

#Resolviendo el SED
soln = odeint(f, y0, t)
S = soln[:, 0]
I = soln[:, 1]
Z = soln[:, 2]
R = soln[:, 3]

#Graficando suave
plt.grid()
plt.plot(t, S,"m",label='Sanos')
plt.plot(t, Z,"g", label='Zombies')
plt.xlabel('Dias desde la infeccion')
plt.ylabel('Poblacion')
plt.xlim(0,100)
plt.ylim(-10,550)
plt.title('Apocalipsis zombie: Modelo con Cura')
plt.legend(loc=0)

#Pa' guardar la foto sin problemas
fig = matplotlib.pyplot.gcf()
fig.set_size_inches(10.5,5.5)
fig.savefig('Z4.png',dpi=100)

```

## Gráficas obtenidas

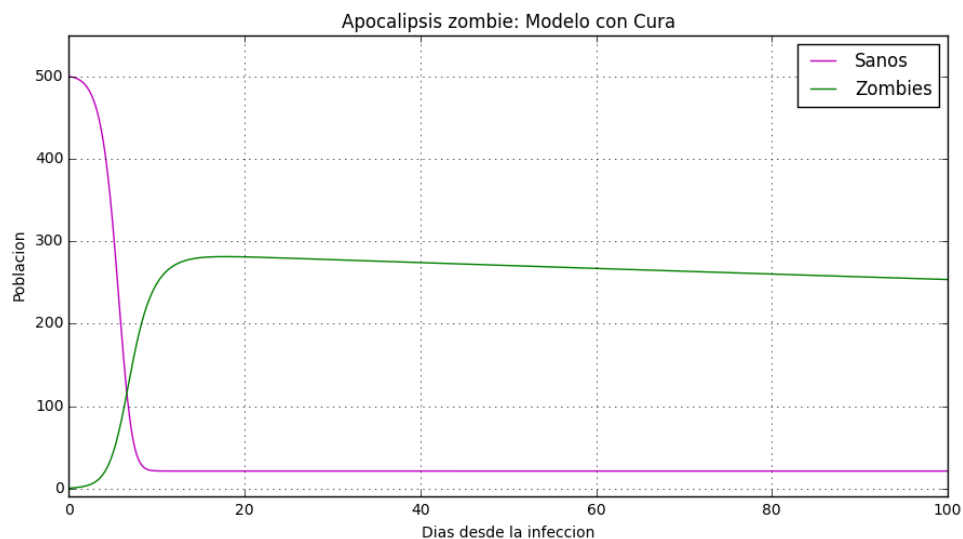


Figura 9: Modelo con cura.

## Referencias

- [1] Zombiepedia. *Types of Zombies*. Recuperado en mayo de 2016 de [http://zombie.wikia.com/wiki/Types\\_of\\_Zombies](http://zombie.wikia.com/wiki/Types_of_Zombies)
- [2] Recuperado en mayo de 2016 de <http://a69.g.akamai.net/n/69/10688/v1/img5.allocine.fr/acmedia/medias/nmedia/18/83/67/73/20517467.jpg>
- [3] Munz P., Hudea, I., Imad, J., Smith, R.J. *When Zombies Attack!: Mathematical Modelling of an Outbreak of Zombie Infection*. Recuperado en mayo de 2016 de <http://mysite.science.uottawa.ca/rsmith43/Zombies.pdf>
- [4] SciPy Cookbook. *Modeling a Zombie Apocalypse*. Recuperado en mayo de 2016 de [http://scipy-cookbook.readthedocs.io/items/Zombie\\_Apocalypse\\_ODEINT.html](http://scipy-cookbook.readthedocs.io/items/Zombie_Apocalypse_ODEINT.html)
- [5] Lizárraga, C. *Actividad 11 (2016-1)*. Recuperado en mayo de 2016 de [http://computacional1.pbworks.com/w/page/107502219/Actividad%2011%20\(2016-1\)](http://computacional1.pbworks.com/w/page/107502219/Actividad%2011%20(2016-1))