



Volumen 1, Número 7  
Julio-Diciembre del 2015

*Anales Científicos de  
la Ilustre Academia  
Iberoamericana de Doctores*



Publicación de la Ilustre Academia Iberoamericana de Doctores

## CONTENIDO:

<b>FUZZY MODEL ASSESSMENT OF THE NATIONAL LIFE SATISFACTION INDEX</b> G.Imanov	I
<b>DESAFÍOS Y CONSECUENCIAS DEL REEMPLAZO DE LA TELEVISIÓN ANALÓGICA POR LA TELEVISIÓN DIGITAL: EL CASO DE MÉXICO</b> Ciceri Silvenses Hugo Norberto, González Gómez Jimena	II
<b>SITUACIÓN DEL SISTEMA PÚBLICO DE SALUD EN ESPAÑA. CONSECUENCIAS EN EL BIENESTAR DE LA POBLACIÓN</b> Gil Lafuente Anna María, Balvey Alexandra, González Santoyo Federico, Flores Romero M.Beatriz	30
<b>PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA: APLICACIÓN DEL ALGORITMO DE RAMIFICACIÓN ACOTAMIENTO PARA LA RESOLUCIÓN DE UN CASO PRÁCTICO DE PRODUCCIÓN DE BATES DE BÉISBOL</b> Hidalgo Orellana Samuel de Jesús	57
<b>ESTRATEGIAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA EMPRESA</b> González Santoyo F., Flores Romero B., Alfaro Calderón G., Chagolla Farías M., Hernández Silva V.	75

## **EDITORES:**

Federico González Santoyo.  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

M. Beatriz Flores Romero.  
Ilustre Academia Iberoamericana de Doctores, México

## **EDITORES ASOCIADOS:**

Jaime Gil Aluja,

Real Academia de Ciencias Económicas y Financieras, España

Antonio Terceño Gómez, Universitat Rovira i Virgili, España

Giuseppe Zollo, University of Napoli, Italia

Ana María Gil Lafuente, Universidad de Barcelona, España

M. Gloria Barberá, Universitat Rovira i Virgili, España

Vasile Georgescu, University of Craiova, Rumania

Luca Iandoli, University of Napoli, Italia

Mariano Jiménez, University of País Vasco, España

Herman P. Vigier, Universidad Nacional del Sur, Argentina

Fernando Arreola Vega, IAIDRES, México

Marco Antonio Tinoco Álvarez, IAIDRES, México

Omero Valdovinos Mercado, IAIDRES, México

José Jesús Acosta Flores, UNAM, México

Ricardo Aceves García, UNAM, México

Javier Maqueda Lafuente, Udel P.V, España

Daniel Barquero Cabrero, ESERP, España

Jaime Tinto Arandes, Universidad de los Andes, Venezuela

Sigifredo Estrada Arguello, ITESM, México

Anales Científicos de la Ilustre Academia Iberoamericana de Doctores. Año 2015, No 7, Vol. 1, Julio - Diciembre de 2015, es una publicación semestral editada por la Ilustre Academia Iberoamericana de Doctores, a través de IAIDRES, Rincón de Barranquillas No. 555, Municipio de Morelia, C.P. 58060, Morelia Michoacán, Teléfono (443)2992071. [www.iaidres.org.mx](http://www.iaidres.org.mx), [fegosa@iaidres.org.mx](mailto:fegosa@iaidres.org.mx), Editor responsable. Dr. Federico González Santoyo. Reserva de Derecho al Uso Exclusivo No. 04-2014-040110335200-203, ISSN: en trámite.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del titular de los derechos y/o la Ilustre Academia Iberoamericana de Doctores.

# FUZZY MODEL ASSESSMENT OF THE NATIONAL LIFE SATISFACTION INDEX

G.Imanov

*Control Systems Institute of the National Academy of Sciences of Azerbaijan*

## Introduction

Life satisfaction, being one of the crucial indicators of life quality, shows how people evaluate their life completely rather than their current feelings. It captures the reflective assessment of life circumstances and conditions important for personal prosperity. Among numerous researches dedicated to this issue, there have been two major approaches to conceptualize life satisfaction: the so-called top-down and bottom-up approaches [4,6]. The top-down approach assumes that global satisfaction is a pre dispositional trait or personally, which influences ones evaluation of satisfaction in various areas of life. The bottom-up approach, on the other hand, conceptualizes global satisfaction as being influenced by ones evaluation of satisfaction in several life domains. The studies of life satisfaction contain distinguished works based on different national cultures [7,8] and countries [1, 3, 10], and also referring to different socio-demographic groups. [9, 11, 13]. Generally using structural equation models measurement problem of life satisfaction was investigated in [12, 14].

In this paper, we investigate national life satisfaction index for Azerbaijan. In order to do this we divide groups of households depending on income, into the following social groups:

- 1. *Absolutely poor;*
- 2. *Relatively poor;*
- 3. *Low-income;*
- 4. *Moderate means;*
- 5. *Satisfied;*
- 6. *Very satisfied.*

As domains of life satisfaction following areas were investigated:

- **work; income; house; health; leisure; natural environment.** In order to estimate National Life Satisfaction Index, instruments of fuzzy sets and fuzzy logic were applied.

## Formulation of model parameters

For development of fuzzy model we have used following linguistic variables [16] in the scope 0-1, mapped in triangular fuzzy number:

VD – <b>Very dissatisfied</b>	( 0, 0, 0.25 )
DI – <b>Dissatisfied</b>	( 0, 0.25, 0.5 )
MS – <b>Averagely (Medium) satisfied</b>	( 0.25 ,0.5, 0.75)

SA – **Satisfied** ( 0.5, 0.75, 1)

VS – **Very satisfied** ( 0.75, 1, 1)

Presented-below results of the investigation conducted by the Center for Economic and Social Development of Azerbaijan, have been used to estimate the level of life satisfaction of the social groups .

Due to formulation of the social groups, poverty line (116 AZN), average monthly wage (425 AZN) and social benefit (100 AZN), appointed for the groups with low satisfaction level by government have been taken into account[2].

Considering level of population income, we investigate next six social groups using above-mentioned life factors:

1. First group includes households with average monthly income of two times less than the poverty line, e.g. from 0 to 58 AZN. By UN classification, people, which have daily income of lower than 2 USD belong to **poor group**. But it does not reflect reality. If purchasing power of 1 USD in different countries is taken into account, this standard would not be same for all of them. In other words, 1 USD has more purchasing power in many African and Asian countries in comparison with our country . That is why average monthly wage of 58 AZN (73 USD) belongs to **absolutely poor**. For this reason, Azerbaijan government realizes targeted social assistance program, which aim is to grant compensation by government equal to 100 AZN, per capita, who has income lower than poverty line. People from the first group of households, including group of population which cannot use this kind of social assistance, deprived of a permanent place of residence, and are limited in use of healthcare services, do not enjoy the right to rest. On the other hand, they can be considered virtually unemployed, since someone with an income of less than 58 AZN in a country where the average monthly wage is 425 AZN, means that this person has no job or, he needs to be forced to work for a very low salary. Not having a job, these people are deprived of the opportunity to be included to the health insurance program and this itself means that government doesn't take care of their health. Psychological position and material possibility of this group of people don't allow them a possibility of thinking about natural environment. Simultaneously, since they work without labor contract, and don't receive any coverage/allowance for vacation, this group of population is far from getting a normal leisure services and available income does not allow them to travel as prices in this sector of the country are very high. Consequently, we can underline that level of satisfaction with domains of life of this social group is **very dissatisfied (VD)**. Weight ( $W^a$ ) of this group in households 0,01, e.g 1 %.
2. Households with income of 58-116AZN, holding **poor** status because their average monthly income is 4-7 times less than the country average, and they establish the second group. In other words the status of the households belonging to the second group is lower than that of average household in Azerbaijan. This

group can be divided into two sub-groups. First subgroup contains households having income less than critical poverty line (58-100 AZN), while the second subgroup includes households with average income of more than the critical poverty, but less than the living wage (100-116 AZN). Common feature of both groups is weak financial security, as people from this group are primarily unemployed without having any opportunity to benefit from good health protection and recreation programs, also they can't do anything about environment's impact on their health. Despite healthcare in Azerbaijan is partially free of charge, individuals of this group can't constantly have a psychologically healthy mode of life and solve bigger health issues. At the same time they are considered to be not sufficiently provided in terms of housing. Since low income does not allow to have savings or benefit from mortgage programs they can't have house if not provided through inheritance or by other assisting means. They have to rent a house with minimal facilities and therefore part of the income is spent for the rentals, which also contributes to the bad social state. These households generally don't have good employment rates. Having insufficient income they are in constant search for better working opportunities. In this regard, current work is often a forced measure for them. Considering the cost as main criteria while looking for the rental, environmental conditions remain unimportant for this social group. Taking into account all stated above, level of income satisfaction, level of environmental, housing, health and rest satisfaction can be considered as very dissatisfied (**VD**), and the level of work satisfaction is dissatisfied (**DI**). Weight of this group is - 0,05.

- 3. Third group** consists of people having income within the bounds of the living wage 116 - 232 AZN, or, in the best case twice as much. Although their income is greater than that of first two groups this group is still considered as **not sufficiently provided for**. This is due to the fact that their monthly income is 2-3 times less than the average wage level. Their housing conditions are not good, and households from third group often have rented housings, which also has impact on their power of consumption, and when rentals are considered - main criteria still is rental price. Therefore, environment as an important criteria again remains obscure while choosing a place to live. People from the third group, in most of the cases, benefit from the free healthcare, however, private healthcare services are very expensive and third group representatives are not able to cover them. But at least, they can afford that only in cases of extreme importance. They try not to spend on the healthcare services as much as they can. Spending on leisure is also on the last place for the people belonging to third income group, as low income and high cost for leisure services limit their opportunities. They use very cheap leisure services like free parks and beaches which sometimes have ecological issues, for free. People with low income very rarely visit National Parks and they can't cover their needs of the touristic zones and hotels where daily cost is 50-110 AZN. All above-mentioned arguments gives us an opportunity to estimate level of satisfaction of this group as follows: job satisfaction - **average/medium (MS)**, income, housing, healthcare, leisure, - **dissatisfactory (DI)**. Weight of this group is - 0,66.

4. People with average monthly income of 232-348 AZN can be regarded as **people with average income**. Teachers, medical workers, social sphere workers can be attributed to this group, which population average income is considered as employed, but is searching for better job opportunities. They have income source primarily formed by the country's budget and they hope for wages increase. When using healthcare services people from this group are mainly use state healthcare institutions, with the primary aim to spend less on healthcare, as they cannot afford the use of more expensive private medical services. For this reason financial expenses on the healthcare are mainly related to extreme situations. Possibilities for curing more serious health conditions are very limited. Using healthcare institutions abroad is not possible due to absence of savings. Overall, average income level in Azerbaijan is low, and in reality it does not correspond to the standards of middle class.

Housing conditions are usually considered as adequate, since income of people from this group allows having cheaper housing or social mortgage. Although natural environment is of great importance for this group and they try to have a healthy lifestyle, environmental conditions are not the absolute priority for them. Potential to have access to leisure is considered average. As most of the people from this group are working in the governmental sector they have official vacation and it is paid. Also they can benefit from the relatively cheap vacation programs supported by the trade unions, where they obtain different medical programs of a regular quality. Considering the aspects pointed above, all domains of life satisfaction for this group can be estimated as **averagely/medium satisfied (MS)**. Weight of this group in total households is 0,22.

5. Representatives of the fifth social group have monthly income of 348 – 500 AZN and they are employed having better qualities and positions, so their work satisfaction level is **satisfactory**. It is, also, necessary to underline better housing conditions, which is considered as **satisfactory**, in comparison with the other previous-mentioned social group. Their income level allows use of any mortgage options or to rent a house with better conditions. **Along with all**, health is their priority, so they use private clinics and can afford going abroad for medical services, when needed. Therefore they are satisfied with the medical services. People from that group have a healthier life cycle and taking care of themselves they use only natural food products. Eventually they are **moderately satisfied** with the environmental conditions, and thus weight of this group is 0,05.
6. Social group with income of 500AZN and more is **very satisfied** with their work, housing, healthcare and leisure opportunities, and are **satisfied** with natural environment. They efficiently use qualitative leisure opportunity, having vacations abroad, and also, they are main users of leisure spots in country by spending weekends and holidays in countryside. Weight of this group is 0,01.

Analysis of the social groups and their respective satisfaction levels, carried out above, allows us to formalize fuzzy model of life satisfaction index.

**Fuzzy model of life domains satisfaction Tab. 1**

<i>Social groups</i>	<i>W<sup>a</sup></i>	<i>2013</i>	<i>Work</i>	<i>Income</i>	<i>House</i>	<i>Health</i>	<i>Leisure</i>
		<i>116 AZN</i>					
<i>1. Absolutely poor</i>	<i>0,01</i>	<i>0-58</i>	<i>VD</i> ( <i>0, 0, 0.25</i> )				
<i>2. Relatively poor</i>	<i>0,05</i>	<i>58-116</i>	<i>DI</i> ( <i>0, 0.25, 0.5</i> )	<i>VD</i> ( <i>0, 0, 0.25</i> )	<i>VD</i> ( <i>0, 0, 0.25</i> )	<i>VD</i> ( <i>0, 0, 0.25</i> )	<i>VD</i> ( <i>0, 0, 0.25</i> )
<i>3. Low-income</i>	<i>0,66</i>	<i>116- 232</i>	<i>MS</i> ( <i>0.25, 0.5, 0.75</i> )	<i>DI</i> ( <i>0, 0.25, 0.5</i> )	<i>DI</i> ( <i>0, 0.25, 0.5</i> )	<i>DI</i> ( <i>0, 0.25, 0.5</i> )	<i>DI</i> ( <i>0, 0.25, 0.5</i> )
<i>4. Moderate means</i>	<i>0,22</i>	<i>232 - 348</i>	<i>MS</i> ( <i>0.25, 0.5, 0.75</i> )				
<i>5. Satisfied</i>	<i>0,05</i>	<i>348 - 500</i>	<i>SA</i> ( <i>0.5, 0.75, 1</i> )	<i>MS</i> ( <i>0.25, 0.5, 0.75</i> )			
<i>6. Very satisfied</i>	<i>0,01</i>	<i>500 more than</i>	<i>VS</i> ( <i>0.75, 1, 1</i> )	<i>SA</i> ( <i>0.5, 0.75, 1</i> )			

**Estimation of the national life satisfaction index**

For estimation of the national life satisfaction index of the people we have developed fuzzy model, which is demonstrated in table 1.

At the first stage weights of criteria (domains) of the life satisfaction were defined.

In order to do this, fuzzy analytic hierarchy process was used, which is proposed by P. Laarhoven and W. Pedrycz [15].

Following this methodology, fuzzy estimation of importance levels of human life domains is defined as:

- 1) Work -absolutely important (ABI)=(7, 9, 9);
- 2) Income - very important (VSI)=(5, 7,9);
- 3) House - essentially important (ESI)=(3,5,7);
- 4) Health -weakly important (WEI)=(1,3,5);
- 5) Leisure - equally important (EQI)=(1,1,3);
- 6) Natural environment - equally important (EQI)=(1,1,3).

On the basis of parameters importance levels, pairwise comparison matrix was constructed:

$$\begin{array}{c}
\begin{array}{cccccc}
ABI & VSI & ESI & WEI & EQI & EQI
\end{array} \\
C = \begin{array}{c}
ABI \\
VSI \\
ESI \\
WEI \\
EQI \\
EQI
\end{array}
\begin{array}{c}
\begin{array}{cccccc}
ABI & VSI & ESI & WEI & EQI & EQI \\
ABI & ABI & ABI & ABI & ABI & ABI \\
ABI & VSI & ESI & WEI & EQI & EQI \\
VSI & VSI & VSI & VSI & VSI & VSI \\
ABI & VSI & ESI & WEI & EQI & EQI \\
ESI & ESI & ESI & ESI & ESI & ESI \\
ABI & VSI & ESI & WEI & EQI & EQI \\
WEI & WEI & WEI & WEI & WEI & WEI \\
ABI & VSI & ESI & WEI & EQI & EQI \\
EQI & EQI & EQI & EQI & EQI & EQI \\
ABI & VSI & ESI & WEI & EQI & EQI \\
EQI & EQI & EQI & EQI & EQI & EQI
\end{array}
\end{array}
= \begin{array}{c}
\begin{array}{cccccc}
(7,9,9) & (5,7,9) & (3,5,7) & (1,3,5) & (1,1,3) & (1,1,3) \\
(9,9,7) & (9,9,7) & (9,9,7) & (9,9,7) & (9,9,7) & (9,9,7) \\
(7,9,9) & (5,7,9) & (3,5,7) & (1,3,5) & (1,1,3) & (1,1,3) \\
(9,7,5) & (9,7,5) & (9,7,5) & (9,7,5) & (9,7,5) & (9,7,5) \\
(7,9,9) & (5,7,9) & (3,5,7) & (1,3,5) & (1,1,3) & (1,1,3) \\
(7,5,3) & (7,5,3) & (7,5,3) & (7,5,3) & (7,5,3) & (7,5,3) \\
(7,9,9) & (5,7,9) & (3,5,7) & (1,3,5) & (1,1,3) & (1,1,3) \\
(5,3,1) & (5,3,1) & (5,3,1) & (5,3,1) & (5,3,1) & (5,3,1) \\
(7,9,9) & (5,7,9) & (3,5,7) & (1,3,5) & (1,1,3) & (1,1,3) \\
(3,1,1) & (3,1,1) & (3,1,1) & (3,1,1) & (3,1,1) & (3,1,1) \\
(7,9,9) & (5,7,9) & (3,5,7) & (1,3,5) & (1,1,3) & (1,1,3) \\
(3,1,1) & (3,1,1) & (3,1,1) & (3,1,1) & (3,1,1) & (3,1,1)
\end{array}
\end{array}
= \begin{array}{c}
\begin{array}{cccccc}
(0.8,1.0,1.3) & (0.6,0.8,1.3) & (0.3,0.6,1.0) & (0.1,0.3,0.7) & (0.1,0.1,0.4) & (0.1,0.1,0.4) \\
(0.8,1.3,1.8) & (0.6,1.0,1.8) & (0.3,0.7,1.4) & (0.1,0.4,1.0) & (0.1,0.1,0.6) & (0.1,0.1,0.6) \\
(1.0,1.8,3.0) & (0.7,1.4,3.0) & (0.4,1.0,2.3) & (0.1,0.6,1.7) & (0.1,0.2,1.0) & (0.1,0.2,1.0) \\
(1.4,3.0,9.0) & (1.0,2.3,9.0) & (0.6,1.7,7.0) & (0.2,1.0,5.0) & (0.2,0.3,3.0) & (0.2,0.3,3.0) \\
(2.3,9.0,9.0) & (1.7,7.0,9.0) & (1.0,5.0,7.0) & (0.3,3.0,5.0) & (0.3,1.0,3.0) & (0.3,1.0,3.0) \\
(2.3,9.0,9.0) & (1.7,7.0,9.0) & (1.0,5.0,7.0) & (0.3,3.0,5.0) & (0.3,1.0,3.0) & (0.3,1.0,3.0)
\end{array}
\end{array}
\end{array}$$

Then fuzzy weights of life domains were defined by using following formula, proposed by J Buckley

[5]:

$$\tilde{r}_i = [\tilde{c}_{i1} \otimes \tilde{c}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{c}_{in}]^{\frac{1}{n}}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

$$\tilde{w}_i = \frac{\tilde{r}_i}{\tilde{r}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

where  $\tilde{c}_{ij}$  – fuzzy element of pairwise comparison matrix,  $\tilde{r}_i$  – geometric mean column element of matrix C,  $\otimes$  and  $\oplus$  – multiply and addition operation for fuzzy number.

In our case  $\tilde{r}_1$  is calculated as:

$$\begin{aligned}
\tilde{r}_1 &= [(0.8 * 0.8 * 1.0 * 1.4 * 2.3 * 2.3), (1.0 * 1.3 * 1.8 * 3.0 * 9.0 * 9.0), (1.3 * 1.8 * 3.0 * 9.0 * 9.0 * 9.0)]^{\frac{1}{6}} \\
&= [4.74, 568.62, 5117.58]^{\frac{1}{6}} = (1.29, 2.88, 4.16)
\end{aligned}$$

Other geometric means are equal to:

$$\tilde{r}_2 = (0.92, 2.24, 4.155); \tilde{r}_3 = (0.55, 1.598, 3.23); \tilde{r}_4 = (0.184, 0.957, 2.31)$$

$$\tilde{r}_5 = \tilde{r}_6 = (0.184, 0.32, 1.38).$$

Fuzzy sum geometric mean column elements of matrix C are:

$$\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \tilde{r}_3 \oplus \tilde{r}_4 \oplus \tilde{r}_5 \oplus \tilde{r}_6 = (3.31, 8.32, 16.61)$$

Then, on the basis of formula (2), we calculate fuzzy weights of life domains:

$$\tilde{w}_1 = \frac{(1.29, 2.88, 4.16)}{(16.61, 8.32, 3.31)} = (0.078, 0.346, 1.25);$$

$$\tilde{w}_2 = \frac{(0.92, 2.24, 4.155)}{(16.61, 8.32, 3.31)} = (0.055, 0.269, 1.25);$$

$$\tilde{w}_3 = \frac{(0.55, 1.598, 3.23)}{(16.61, 8.32, 3.31)} = (0.033, 0.192, 0.975);$$

$$\tilde{w}_4 = \frac{(0.184, 0.957, 2.31)}{(16.61, 8.32, 3.31)} = (0.011, 0.115, 0.695);$$

$$\tilde{w}_5 = \tilde{w}_6 = \frac{(0.184, 0.32, 1.38)}{(16.61, 8.32, 3.31)} = (0.011, 0.038, 0.417).$$

After that, on the basis of obtained mean fuzzy weights, vector  $W^c = (0.346, 0.269, 0.192, 0.115, 0.038, 0.038)$  is formulated.

At the second stage, index of satisfaction of social groups with life domains is calculated – SQSI(i), for that matrix E (elements are compiled from the table 1) multiplied to the weights of domains (criteria) of vector  $W^c$ , e.g.

$$SQSI(i) = E \otimes W^c, \quad (i=1, \dots, 6) \quad (3)$$

where  $\otimes$  - operation of conditional multiplication, according to every fuzzy number, required line of matrix E is multiplied to the corresponding element of the column of vector  $W^c$ .

So, in our case, index of satisfaction with the life domains of third social group is calculated as follows:

$$\begin{aligned} SQSI(3) &= (0.25, 0.5, 0.75) * 0.346 \oplus (0, 0.25, 0.5) * 0.269 \oplus (0, 0.25, 0.5) * 0.192 \oplus \\ &(0, 0.25, 0.5) * 0.115 \oplus (0, 0.25, 0.5) * 0.038 \oplus (0, 0.25, 0.5) * 0.038 = (0.09, 0.17, 0.26) \oplus (0, 0.07, 0.13) \oplus (0, 0.05, 0.1) \oplus (0, 0.03, 0.06) \oplus (0, 0.01, 0.02) \oplus (0, 0.01, 0.02) = \end{aligned}$$

$= (0.09, 0.35, 0.6)$  – corresponds to triangular fuzzy number which is close to dissatisfied (DI) level.

Result calculations of SQSI (i), (i=1,...,6), level of satisfaction by life domain of the social group are defined:

$$SQSI(1) = (0, 0, 0.25) - VD;$$

$$SQSI(2) = (0, 0.09, 0.35) - \text{close to VD};$$

$$SQSI(3) = (0.09, 0.35, 0.60) - \text{close to DI};$$

$$SQSI(4) = (0.25, 0.50, 0.75) - MS;$$

$$SQSI(5) = (0.5, 0.75, 1) - SA;$$

$$SQSI(6) = (0.75, 1, 1) - VS.$$

Results of calculated (fig.1) values of life satisfaction indices for the social groups show that values of indices of first, fourth, fifth and sixth groups fully coincide with the values of corresponding linguistic variables

VD, MS, SA, VS. Values of the second social group index is close to VD and index of the third group is close to DI.

At the third stage, on the basis of values of social group indices, values of national life satisfaction index are defined. For this purpose, weight vector of the household  $W_a$  is multiplied to the matrix  $SQSI_m$ , e.g.

$$NISLD = W_a \otimes SQSI_m \quad (4)$$

where  $SQSI_m$  is a matrix, which is compiled from the elements of vector  $SQSI(i)$ , ( $i=1,2,\dots,6$ ). According to the Azerbaijan State Statistical Committee information [2] vector weights of households are as follows:

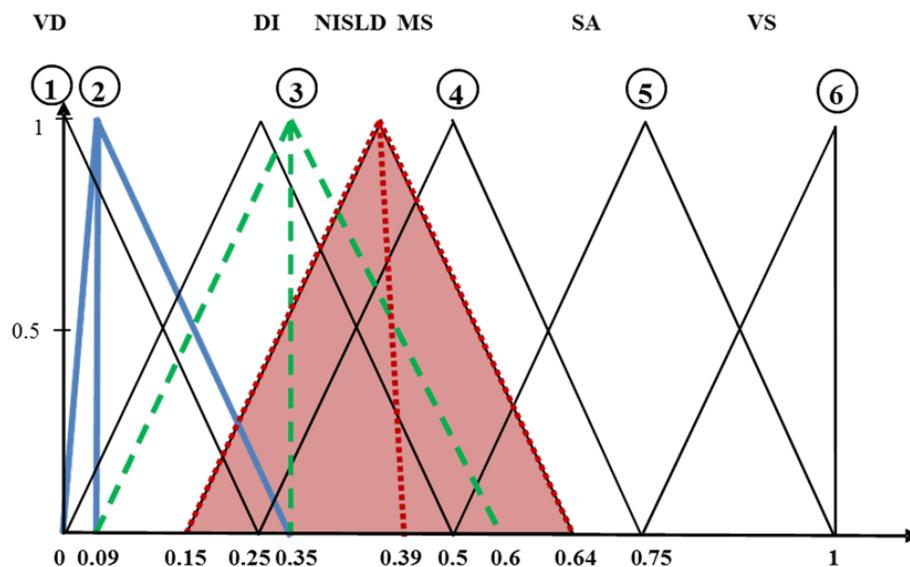
$$W^a = (0.01, 0.05, 0.66, 0.22, 0.05, 0.01)$$

The analytical form of the process and results of the decision looks as follows:

$$NISLD = (0.01, 0.05, 0.66, 0.22, 0.05, 0.01) * \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.25 \\ 0 & 0.09 & 0.35 \\ 0.09 & 0.35 & 0.60 \\ 0.25 & 0.50 & 0.75 \\ 0.5 & 0.75 & 1.00 \\ 0.75 & 1.00 & 1.00 \end{pmatrix} =$$

$$\begin{aligned} &= (0.01*0 + 0.05*0 + 0.66*0.09 + 0.22*0.25 + 0.05*0.5 + 0.01*0.75) + (0.01*0 + 0.05*0.09 + 0.66*0.35 + \\ &+ 0.22*0.50 + 0.05*0.75 + 0.01*1) + (0.01*0.25 + 0.05*0.35 + 0.66*0.60 + 0.22*0.75 + 0.05*1.00 + \\ &+ 0.01*1.00) = (0 + 0 + 0.0594 + 0.055 + 0.025 + 0.0075) + (0 + 0.0045 + 0.231 + 0.11 + 0.0375 + 0.01) + \\ &+ (0.0025 + 0.0175 + 0.396 + 0.165 + 0.05 + 0.01) = (0.15; 0.39; 0.64) \end{aligned}$$

Results of solution of the problem are demonstrated in figure 1.



### **Fig.1 Results of problem solution**

As it is shown in figure 1, value of the national life satisfaction index (NISLD) of the Azerbaijan population was between values **dissatisfied (DI)** and **moderately satisfied (MS)** in 2013.

### **Conclusions**

Application of instruments of fuzzy sets and fuzzy logic provides possibility of drawing non-metric indicators of social system such as the level of satisfaction with life domains of social groups and national level of life satisfaction, in computational process. Results of investigation is reliable and adequate to the problem definition.

Obtained research results allow decision makers in the sphere of macro-socioeconomic system to correct parameters of governance. Furthermore in order to forecast and model this process it is necessary to explore present problem in the aspect of social groups and life spheres parameters modification probability.

## References

1. Alesina Alberto, Di Tella, R., & MacCulloch, R. (2004). Inequality and Happiness: Are Europeans and Americans Different? *Journal of Public Economics*, 88 (9-10), 2009-2042.
2. Azerbaijan State Statistical Committee. *stat.gov.az*. Retrieved from <http://stat.gov.az>.
3. Blanchflower, D. G., & Oswald, A. J. (2004). Well-Being Over Time in Britain and the USA. *Journal of Public Economics*, 88 (7-8), 1359-1386.
4. Brief, A.P., Butcher, A.H., George, J.M., & Link, K.E. (1993). Integrating Bottom-Up and Top-Down Theories of Subjective Well-Being: The Case of Health. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64 (4), 646-653.
5. Buckley, J.J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17 (3), 233-247.
6. Diener, E. (1984). Subjective well-being. *Psychological Bulletin*, 95, 542- 575.
7. Diener, E., & Lucas, R.E. (2000). Explaining differences in societal levels of happiness: relatives standards need fulfillment, culture, and evaluation theory. *Journal of Happiness Studies*, 1, 41-78.
8. Diener, E., & Suh, E.M. (2000). *Culture and subjective well-being*. Cambridge, MA: MIT Press.
9. Diener, E., Suh, E.M., Lucas, R.E., & Smith, H.L. (1999). Subjective well-being: Three decades of progress. *Psychological Bulletin*, 125, 276-302.
10. Di Tella, R., MacCulloch, R. J., & Blanchflower, D. G. (2003). The Macroeconomics of Happiness. *Review of Economics and Statistics*. 85 (4), 809-827.
11. Gilman, R.S, & Huebner, E.S. (2000). Review of life satisfaction measures for adolescents. *Behavior Change*, 17, 178-195.
12. Headey, B., Veenhoven, R., & Wearing, A. (1991). Top-down versus bottom-up theories of subjective well-being. *Social Indicators Research*, 24, 81-100.
13. Huebner, E.S. (1994). Preliminary development and validation of a multidimensional life satisfaction scale of children. *Psychological Assessment*, 6, 149-158.
14. Lance, C.E., Lautenschlager, G.J., Sloan, C.E. & Varca, P.E. (1989). A comparison between bottom-up, top-down and bidirectional models of relationship between global and life facet satisfaction. *Journal of Personality*, 57, 601-624.
15. Laarhoven P.M., Pedrycz W., (1983), A fuzzy extension of Saaty's priority theory, *Fuzzy Sets and Systems*.- 11,(1-3)- 229-241
16. Zadeh, L.A. (1975). The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Science*, 8(3), 199 - 249.

# DESAFÍOS Y CONSECUENCIAS DEL REEMPLAZO DE LA TELEVISIÓN ANALÓGICA POR LA TELEVISIÓN DIGITAL: EL CASO DE MÉXICO

Ciceri Silvenses Hugo Norberto<sup>1</sup>; González Gómez Jimena<sup>2</sup>  
Posgrado en Ciencias de la Administración, Facultad de Química, UNAM  
Universidad Nacional Autónoma de México

## Resumen

El trabajo que se presenta tiene un carácter exploratorio y centra su preocupación en la problemática relacionada con el reemplazo de los televisores analógicos por los digitales y su impacto sobre el medio ambiente. Esta decisión implica un desafío muy importante para el gobierno mexicano ya que debe atender tareas de planificación y de regulación relacionadas con la recolección, almacenaje y reciclado de estos aparatos con alto contenido de compuestos contaminantes. Es por ello que, en esta parte del trabajo nos concentramos en establecer y analizar el marco regulatorio con el que cuenta el Estado Mexicano, su alcance y limitaciones. También se identifica los distintos agentes relacionados con la situación problemática, es decir de centros de concentración y reciclado, para tratar de visualizar la red de actores que se va estructurando y el grado de coordinación con las acciones de gobierno. En el eje del análisis se encuentra la norma para los residuos de manejo especial.

Este proyecto tiene su origen en el Seminario de Investigación de la Maestría de Administración Industrial (primer semestre) dirigido por el Dr. Hugo Ciceri y tuvo como uno de sus propósitos, tratar ideas novedosas, innovadoras y críticas. Este enfoque didáctico desafía a los alumnos a pensar en opciones originales o profundizar sobre hechos conocidos para aportar nuevas visiones sobre el particular. El ejercicio por lo tanto tiende a fortalecer sus capacidades intelectuales y habilidades técnicas.

## Palabras claves

Reciclado de televisores, normatividad aplicable

## Abstract

The work presented is exploratory in nature and focused its concern on the problems related to the replacement of analog televisions for the digital and its impact on the environment. This decision implies a very important challenge for the Mexican Government since it must take care of planning and regulation tasks with the: collection, storage and recycling of these items with high levels of pollutants. This is why in this part of the work we focus on establish and analyze the regulatory framework with the account of the

---

<sup>1</sup> Profesor e Investigador del Posgrado en Ciencias de la Administración (Maestría en Administración Industrial) y del Posgrado en Ingeniería (Maestría en Administración de la Tecnología), UNAM. Website: <http://informatica.fquim.unam.mx/ciceri/index.php>. E-mail [aguila@unam.mx](mailto:aguila@unam.mx)

<sup>2</sup> Alumna de la Maestría en Administración Industrial e integrante del Seminario de Investigación en Ciencias de la Administración. Desarrolla su actividad profesional en: Proveedora Mexicana de Monofilamentos S.A. de C.V. México. E-mail [jimgonzagam@gmail.com](mailto:jimgonzagam@gmail.com)

State of Mexico, its scope and limitations. In addition, we deal with detecting the different agents related to the problematic situation, i.e. identification of centers of concentration, recyclers trying to visualize the network of actors that takes shape and the degree of coordination with the actions of Government. In the axis of analysis is standard for waste from special handling that is a rule of General although in article VIII. a transient refers to the electronic devices.

## **Key words**

Recycling of televisions, applicable regulations

### **1. Introducción**

El reemplazo de los televisores analógicos por los digitales y su impacto sobre el medio ambiente es un desafío de envergadura para el gobierno mexicano. El llamado “apagón analógico” que debe finalizar el 31 de diciembre de 2015<sup>3</sup> implica desechar aproximadamente cuarenta millones<sup>4</sup> (40M) de televisores analógicos, que contienen diversos componentes y sustancias nocivas para el ser humano, entre ellas el óxido de plomo. La sustitución de los equipos ya comenzó en los Estados fronterizos, por lo cual, el examen de la legislación vigente y las distintas medidas que ha tomado la autoridad, va a confrontarse con la realidad: hacia ese espacio, con interrogantes e incertidumbres, apunta el trabajo que se presenta.

### **2. Objetivos**

El objetivo es realizar un análisis del marco regulatorio, de los planes del gobierno y su esquema de aplicación, poniendo especial atención en el proceso para manejar los equipos de TV desechados y su efectividad.

### **3. Metodología**

La estrategia de la investigación consiste en la recopilación de la información gubernamental, en especial normas, planes y las acciones llevadas a cabo. A partir de esta información se realizará el análisis, en confrontación con los logros obtenidos hasta este momento detectando tanto las limitaciones como el alcance normativo.

### **4. Antecedentes**

---

<sup>3</sup> Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 60., 70., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones. *Diario Oficial de la Federación* el 11 de junio de 2013.

<sup>4</sup> Programa nacional para la gestión integral de los televisores desechados por la transición a la televisión digital, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2015.

El 2 de septiembre de 2010 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el decreto por el cual se establece acciones que deberán llevarse a cabo por la Administración Pública Federal para concretar la transición a la Televisión Digital Terrestre (TDT). A esto se le denomina comúnmente como “apagón analógico”.

Con base en lo establecido en artículo 5° de la Reforma Constitucional en materia de telecomunicaciones, la transición digital terrestre culminará el 31 de diciembre de 2015<sup>5</sup> Para dar cumplimiento a la fecha establecida en la Reforma Constitucional en materia de telecomunicaciones la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) elaboró el programa de trabajo para la transición a la TDT el cuál se publicó en el D.O.F el 13 de mayo de 2014. El programa elaborado por la SCT incluye campañas informativas y de comunicación para que se tome conciencia de los beneficios que tiene la digitalización, así como de los riesgos de no realizar las acciones necesarias ante el apagón de las señales analógicas.

La sustitución de televisores analógicos por digitales contribuye a la reducción de los efectos ambientales negativos, al optimizarse el uso de la energía eléctrica. Sin embargo, el principal objetivo de la transición de la TDT es el usuario, ya que la Televisión Digital incide de forma directa en la calidad del audio y video, da la posibilidad de acceder a servicios en línea y garantiza el acceso equitativo a servicios de telecomunicaciones de clase mundial.<sup>6</sup> Además de los beneficios que traerá a los usuarios la transición de la TDT, ésta incrementará el consumo de televisores digitales, lo que contribuirá de forma notable al crecimiento económico y a la generación de empleos en los mercados de las tecnologías de la información y la comunicación. Lo anterior se debe a que México es uno de los mayores exportadores de televisores digitales en el mundo.<sup>7</sup>

Por otro lado, el apagón analógico implica la generación de una gran cantidad de residuos electrónicos en un período corto de tiempo, ya que la población desechará los aparatos de televisión no aptos para captar las señales digitales. Se estima que la cantidad de televisores analógicos desechados será de 40 millones de aparatos, únicamente en los hogares, los cuales no se desecharán al mismo tiempo que ocurre el apagón. Lo anterior debido a que las personas almacenaran temporalmente los televisores analógicos porque les encontrarán un reuso temporal, utilizando un convertidor que permita que dichos aparatos

---

<sup>5</sup> Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 60., 70., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones. *Diario Oficial de la Federación* el 11 de junio de 2013.

<sup>6</sup> Programa de trabajo para la transición a la televisión digital terrestre, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 Gobierno de la República. ([http://www.sct.gob.mx/fileadmin/Imagenes\\_Portada/programa-trabajo-transicion-tdt.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/Imagenes_Portada/programa-trabajo-transicion-tdt.pdf)).

<sup>7</sup> Programa de trabajo para la transición a la televisión digital terrestre, Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Diario Oficial de la Federación* el 13 de mayo de 2014.

captan las señales digitales, o bien, porque estén conectados a la TV restringida, o sean utilizados para la reproducción de videos o juegos electrónicos<sup>8</sup>

Los televisores que se desechen se encuentran categorizados como residuos electrónicos<sup>9</sup>, éstos generan problemas durante su disposición final en los tiraderos de basura, debido a su tamaño y a que dentro de los componentes que los conforman se encuentran materiales y sustancias que son tóxicas para el ser humano y el medio ambiente. Por otro lado, los residuos electrónicos pueden tener un valor económico, ya que los componentes de éstos se pueden reaprovechar incorporándolos nuevamente a la cadena productiva.

Una de las estrategias implementadas para disminuir el volumen de los residuos de manejo especial, entre los cuales se encuentra los residuos electrónicos, y con ello evitar la contaminación del medio ambiente es el reciclaje<sup>10</sup>. Éste no sólo disminuye la contaminación, también nos permite reducir el uso de recursos naturales. Por ello es necesario abordar de forma preliminar algunos interrogantes tales como: ¿qué tan efectivas son las normas y regulaciones con las que el Estado mexicano enfrenta el problema? ¿Se cuenta con una red de centros (actores) que permitan la concentración de los equipos en desuso? ¿Cuál será su destino final? y por último, ¿los actores que deben manejar estos equipos cuentan con las tecnologías adecuadas?. Como se comprenderá comenzar a dilucidar algunos de estos interrogantes es de importancia sustantiva ya que los efectos a mediano y largo plazo pueden ser negativos para el medio ambiente.

## 5. Desarrollo

### 5.1. ¿Porque los residuos electrónicos contaminan?

Los aparatos electrónicos provocan contaminación atribuida al tipo de sustancias que se utilizan en su fabricación, como es el caso del Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Bifenilos Policlorados (BPCs)<sup>11</sup> y Éteres bifenílicos polibromados (PBDEs)<sup>12</sup>, entre otros; así como materiales que al incinerarse

---

<sup>8</sup> Programa nacional para la gestión integral de los televisores desechados por la transición a la televisión digital, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2015.

<sup>9</sup> Residuo Electrónico: diversos equipos eléctricos y electrónicos que ha perdido cualquier valor para sus dueños (<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/715.pdf>)

<sup>10</sup> Reciclaje: Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos. (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos(2003)).

<sup>11</sup> Hidrocarburos bromados con estructura similar a la de los bifenilos policlorados (PCBs), pero con la diferencia de que pueden contar con átomos de bromo en la estructura del bifenilo. El contenido de átomos de bromo varía entre 2 y 10, siendo el decabromobifenilo (DeBB) el que tiene mayor uso comercial.

en condiciones inadecuadas son precursores de la formación de otras sustancias tóxicas como las dioxinas<sup>13</sup> y los furanos<sup>14</sup>.<sup>15</sup> Además, contienen oro y arsénico, por lo que la contaminación por residuos electrónicos está alcanzando una magnitud alarmante. Según los estudiosos, tales materiales contaminan el suelo, el agua, el aire y en general los ecosistemas, y representan un problema de salud para la población que todavía no ha sido percibido como tal en algunas regiones, ni considerado en los planes de desarrollo para su adecuado manejo. Por ejemplo, se ha reportado que la contaminación del agua con materiales tóxicos como el plomo, cadmio o mercurio (los mismos que se utilizan comúnmente en la fabricación de equipos electrónicos) es hasta de 190 veces más alta que la aceptada por la Organización Mundial de la Salud. En nuestro país puede verse con frecuencia que los ríos de los alrededores de las grandes ciudades están abarrotados de cristales rotos, circuitos electrónicos y plásticos de todo tipo.<sup>16</sup> Tomando como base los componentes tóxicos que tienen los equipos electrónicos, si éstos no se disponen adecuadamente, se generan emisiones peligrosas, en este contexto hay tres niveles de emisiones:

- Emisiones primarias: Las sustancias peligrosas contenidas en los residuos electrónicos (por ejemplo, mercurio, BPCs, plomo).
- Emisiones secundarias: Productos de las reacciones de las sustancias químicas peligrosas que contiene los residuos electrónicos como resultado de un tratamiento inadecuado (por ejemplo las dioxinas o furanos formados por la incineración de los plásticos con retardantes de flama).
- Emisiones terciarias: Las sustancias peligrosas que se emplean durante el reciclado, los cuales son liberados debido a la manipulación y tratamiento inadecuado (por ejemplo, agentes de cianuro).

Estos componentes pueden bioacumularse en los tejidos grasos de los seres vivos y los diversos compartimentos ambientales y representan un riesgo potencial a la salud humana cuando se liberan como resultado de actividades de reciclaje informal o cuando se disponen en tiraderos a cielo abierto o en sitios

---

<sup>12</sup> Compuestos químicos manufacturados que retardan el fuego. Hay tres productos de PBDEs de uso comercial, los éteres del bifenilo pentabromado (pentaBDE), del bifenilo octabromado (octaBDE) y del bifenilo decabromado (decaBDE).

<sup>13</sup> Compuestos químicos que se producen a partir de procesos de combustión que implican al cloro.

<sup>14</sup> Compuesto orgánico heterocíclico aromático de cinco miembros con un átomo de oxígeno. Es un líquido claro, incoloro, altamente inflamable y muy volátil, con un punto de ebullición cercano al de la temperatura ambiente.

<sup>15</sup> Román Moguel Guillermo, *Diagnóstico sobre la generación de residuos electrónicos en México*, Instituto Politécnico Nacional, México 2007.

<sup>16</sup> Benítez Griselda, Risquez Alberto, Lara Ma. del Socorro., "La basura electrónica: computadoras, teléfonos celulares, televisiones ". *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*, volumen XXIII, Enero- Abril 2010.

no controlados. Cuando una sustancia se libera desde un área extensa aquélla entra al ambiente; sin embargo, la liberación no siempre conduce a exposición, pues ésta implica inhalación, ingestión o contacto directo. Adicionalmente, hay que valorar otros factores que determinan si la exposición a alguna sustancia tóxica es perjudicial. Estos factores incluyen la dosis (la cantidad), la duración (por cuánto tiempo), y la forma de exposición (cómo se entra en contacto con las sustancias). Así mismo, debe considerarse la posible interacción con otras sustancias químicas a las que se esté expuesto, la edad, sexo, dieta, características personales, estilo de vida y condiciones de salud de las personas.<sup>17</sup>

La composición de los residuos electrónicos depende del modelo y año del producto que se va a desechar, actualmente la composición de éstos está cambiando junto con las innovaciones tecnológicas y es consecuencia también de la presión que están ejerciendo sobre los fabricantes los gobiernos y las organizaciones no gubernamentales (ONG's), así como de la tendencia que tienen hoy en día las empresas de volverse "verdes", lo que se refleja entre otras cosas en la eliminación de la mayor cantidad de componentes químicos con toxicidad<sup>18</sup>.

## **5.2. Modelos de disposición de los residuos electrónicos**

La mayoría de los residuos electrónico que se generan no son reciclables, debido a que se desechan junto con los residuos urbanos, lo que ocasiona que éstos no reciban un tratamiento adecuado. Lo cual trae como consecuencia que la mayor parte de los daños ocasionados al medio ambiente y de los riesgos a la salud, se encuentran relacionados con la disposición final que se le dé a éstos.

Actualmente se cuenta con cuatro mecanismos de disposición de los residuos electrónicos que se describen a continuación:

1. Disposición de los residuos a través de un sistema oficial de recolección: Este mecanismo por lo general se encuentra controlado y monitoreado por la legislación vigente que hay en materia de residuos electrónicos. Este mecanismo tiene la finalidad de reciclar los residuos electrónicos recolectados a través de los productores o, de ser el caso, por organizaciones especializadas y/o gubernamentales.
2. Mezcla de residuos electrónicos con residuos reciclables: En este mecanismo los residuos electrónicos son desechados a través del sistema de limpia junto el resto de los

---

<sup>17</sup> Rojas Leonora, Gavilán Arturo, *et al.*, *Residuos Electrónicos en México y en el Mundo*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

<sup>18</sup> Robinson Brett H, "E-waste: An assessment of global production and environmental impacts", *Science of the Total Environment*, volume 40, 2009.

residuos que se generan en el hogar. Lo que dificulta que los residuos electrónicos "reciban el tratamiento adecuado generando un impacto ambiental negativo.

3. Recolección y exportación de residuos electrónicos en países desarrollados: Este mecanismo se da en los países desarrollados, en éstos los residuos electrónicos son recolectados por individuos o compañías privadas.

El destino que se le da a los residuos electrónicos puede ser el reciclaje o reuso como artículos de segunda mano.

4. Recolección informal y reciclaje en países en vías de desarrollo: En estos países el mecanismo de recolección y reciclaje de los residuos electrónicos se hace a través de personas (pepenadores).

Debido a que los pepenadores no cuentan con la tecnología adecuada para reciclar los residuos electrónicos, los métodos empleados para la extracción de los componentes generan un impacto ambiental negativo así como daños a la salud.

### **5.3. Aprovechamiento de los residuos electrónicos (reciclaje)**

La falta de aprovechamiento de los residuos electrónicos no sólo genera problemas ambientales, también tiene un efecto sobre el uso de los recursos naturales. Los desechos electrónicos han sido motivo, en años recientes, de interés de Acuerdos Ambientales Multilaterales (Basilea y Estocolmo), así como de Directivas y acuerdos legales Regionales (Europa y Norteamérica).

Casi todos los aparatos eléctricos y electrónicos que llegan al final de su vida útil recorren uno de cinco caminos<sup>19</sup>.

1. Extensión de la vida útil: el equipo es vendido o regalado a alguien que lo pueda seguir utilizando (pocas veces ocurre con baterías).
2. Reacondicionamiento: el equipo es modificado o restaurado de manera parcial para que vuelva a ser útil.
3. Recuperación de partes: reciclaje directo de partes de equipo eléctrico y electrónico que aún se encuentran en buen estado para ser usadas en equipo nuevo o modificado.
4. Reciclaje de los materiales y aprovechamiento de energía: se separan y reciclan los materiales y energía contenidos en los equipos eléctricos y electrónicos y baterías.

---

<sup>19</sup> *Idem* Rojas Leonora, Gavilán Arturo, *et al.*, *Residuos Electrónicos en México y en el Mundo*

5. Eliminación final: los equipos electrónicos o partes de ellos se depositan en rellenos sanitarios sin aprovechar los materiales o energía.

Los métodos que se han utilizado tradicionalmente para la eliminación final son la incineración y el depósito en rellenos sanitarios. Recientemente se han desarrollado diversas estrategias exitosas para la segregación de los componentes de los residuos electrónicos al final de su vida útil. El proceso y los volúmenes que pueden ser reciclados dependen de la infraestructura disponible para transporte, recolección, recuperación y re-venta.

El movimiento de residuos en la década de 1980 se caracterizó por el envío desde países industrializados, con regulaciones más estrictas, hacia países en vías de desarrollo en el sureste asiático, el norte de África, Europa oriental y América Latina para su tratamiento y eliminación final.<sup>20</sup> Sin embargo, hoy en día aún existe un intenso flujo de residuos electrónicos a nivel global, cuyo objetivo además de los mencionados anteriormente es hacer donaciones de productos electrónicos a países en vías de desarrollo, ya que estos artículos son considerados obsoletos en países desarrollados.

En la actualidad algunas de las compañías que realizan donaciones de productos electrónicos a países en vías de desarrollo envían productos funcionales y no funcionales, lo cual llega a presentarse en más de 75% de los envíos.<sup>21</sup> El factor detonante de este flujo internacional de residuos electrónicos es su contenido de metales preciosos como oro, plata y cobre. La recuperación de estos metales es un proceso rentable que genera un mercado transfronterizo tanto formal como informal. De hecho, la recuperación de metales preciosos a partir de residuos electrónicos históricamente ha sido uno de los mayores incentivos para la industria del reciclaje, sin embargo los fabricantes de productos electrónicos han reducido gradualmente el contenido de metales en sus productos con la finalidad de reducir costos.<sup>22</sup>

Un estudio publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (*Recycling - from Ewaste to Resources*) señala el valor monetario que se pierde por falta de un reciclaje efectivo de residuos electrónicos. Según el informe de PNUMA, 15% de la producción mundial de cobalto, 13% de la producción de paladio así como 3% de la extracción de oro y plata son procesados cada año en computadoras y celulares. En el año 2008 los componentes de oro, plata, cobre, paladio y cobalto procesados en las computadoras vendidas tenían un valor de 3,7 billones de dólares.<sup>23</sup> Los equipos

---

<sup>20</sup> *Idem* Rojas Leonora, Gavilán Arturo, *et al.*, *Residuos Electrónicos en México y en el Mundo*

<sup>21</sup> *Idem* Robinson Brett H, "E-waste: An assessment of global production and environmental impacts"

<sup>22</sup> Mathias Schlupe, Christian Hagelueken, *et al.*, *Sustainable Innovation and Technology y Transfer Industrial Sector Studies, Recycling-from E-waste to resources*, United Nations Environmental Programme, julio 2009. [http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste\\_publication\\_screen\\_FINALVERSION-sml.pdf](http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf)

<sup>23</sup> UNESCO, *Los Residuos Electrónicos: un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe*, Uruguay Montevideo, RELAC, 2010 *Idem*

electrónicos contienen hasta 17 metales preciosos incluyendo oro, plata y cobre, los cuales siguen teniendo un valor económico significativo cuando los aparatos caen en desuso.

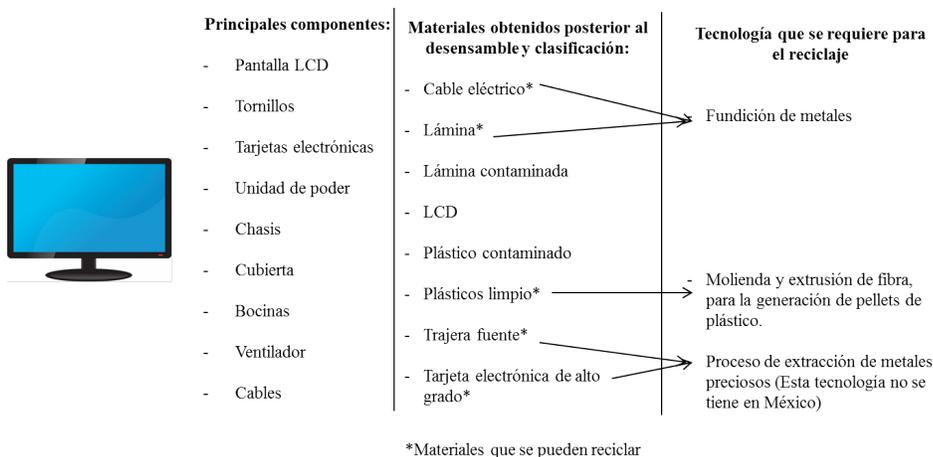
A pesar de todos los esfuerzos legislativos para establecer una economía de *flujo circular* en los países desarrollados, la mayoría de los recursos valiosos hoy se pierden. Algunas de las causas identificadas son<sup>24</sup>:

- Falta de recolección.
- Tecnologías de reciclaje inapropiadas.
- Exportaciones de gran cantidad de residuos, en ocasiones ilegales, a países cuya infraestructura para el reciclaje es poca o nula. Las grandes emisiones de sustancias peligrosas están asociados con esto. Por desgracia, estas regiones a menudo se encuentran en los países en vías de desarrollo o no desarrollados.

Actualmente los países desarrollados o en vías de desarrollo se esfuerzan por implementar tecnologías adecuada para el reciclaje de los residuos electrónicos y establecer *economías de flujo circular*.

Con el reciclaje de los residuos electrónicos podría reducirse significativamente la huella ecológica de los aparatos electrónicos, ya que mediante éste se evitan emisiones tóxicas y se asegura que gran parte de los componentes (metales) son recuperados e incorporados nuevamente a dispositivo electrónico.

Figura 1. Modelo conceptual del reciclaje de electrónicos (televisor)



Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial de Sharp Corporation México S.A. de C.V.

El reciclaje de los residuos electrónicos consta de tres pasos principales que son<sup>25</sup>:

<sup>24</sup> *Idem* UNESCO, Los Residuos Electrónicos: un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe, Uruguay Montevideo

<sup>25</sup> *Idem* Mathias Schluep, Christian Hagelueken, et al., Sustainable Innovation and Technology y Transfer Industrial Sector Studies, Recycling-from E-waste to resources.

1. Recolección, determina la cantidad de material que tenemos disponible. Muchos países tienen implementados programas para llevar a cabo esta actividad, pero su eficiencia varía de un lugar a otro y depende del tipo de residuo electrónico.

Cabe mencionar que en el porcentaje de residuos electrónicos recolectados también influye la conciencia ambiental y la cultura de la sociedad.

Esta etapa es la más costosa en el proceso de reúso y reciclaje de productos electrónicos y puede representar más de 80% del costo total<sup>26</sup>.

2. Clasificación / desensamble, consiste en separar los componentes de los residuos electrónicos y categorizarlos, con la finalidad de dirigirlos a los procesos de reciclaje adecuados.

3. Extracción de componentes. Por lo general para cada uno de estos pasos existen plantas y operadores especializados.

La eficiencia de todo el proceso de reciclaje depende de la eficiencia de cada paso y de la efectividad con que estén gestionadas las interfaces del proceso.

El porcentaje de componentes reciclables que tiene una televisión es aproximadamente del 45,5 %. La cantidad de materiales recuperados depende del tipo de equipo del que se trate, a continuación se muestra un ejemplo.

Figura 2. Materiales recuperados de televisores, teléfonos celulares y computadoras

Componente	Computadora*	Celular**	Televisor***
	Contenido (% peso total)	Contenido (% peso total)	Contenido (% peso total)
Plásticos	22.99	57.00	22.90
Plomo	6.30	0.30	1.30
Aluminio	14.17	1.00	2.17
Hierro	20.47	5.00	5.30
Cobre	6.93	13.00	5.22
Níquel	0.85	0.10	0.22
Oro	0.0016	0.10	0.22
Paladio	0.0003	0.002	0.0004
Plata	0.02	0.13	0.01
Vidrio	24.88	2.00	62.00
Otros	3.39	21.41	0.87

\*Fuente: Instituto Nacional de Ecología (2006). Diagnóstico sobre la generación de residuos electrónicos en México. México: SEMARNAT

<sup>26</sup> Idem Mathias Schlupe, Christian Hagelueken, et al., Sustainable Innovation and Technology y Transfer Industrial Sector Studies, Recycling-from E-waste to resources

\*\* Fuente: Hagelüken C. 2006. Improving metal returns and eco-efficiency in electronic recycling. *Electronics and the Environment*, 2004. Conference Recors 2004 IEEE International Symposium, (8-11), 226-230.

\*\*\*Fuente: Lehner T. 2006, Mining the Precious Metals from Electronic Scrap: Hype or Hope? *Electronics C. Tech Innovation*, 2007. *An Integrated Approach to Electronic Waste (WEEE) Recycling*. DEFRA Waste and Resources Research Programme, United Kingdom.

#### 5.4. Marco regulatorio

Los marcos regulatorios son instrumentos claves en el manejo de estos tipos de residuos y México cuenta con un marco jurídico específico en el tema de residuos que busca asegurar su prevención y gestión integral. Los instrumentos que regulan a los residuos electrónicos en particular se sustentan primeramente en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y de ahí se derivan la Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), los reglamentos correspondientes, así como las Normas Oficiales Mexicanas que se aplican en todo el país. Además, en México se aplica una serie de convenios internacionales que el gobierno ha suscrito con la aprobación del senado, entre los que se encuentran el Convenio de Basilea sobre movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación y el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, de los cuales se derivan una serie de obligaciones relacionadas directa o indirectamente con la gestión y manejo de los residuos<sup>27</sup>.

Las entidades federativas cuentan con la facultad de formular, conducir y evaluar la política estatal, así como elaborar los programas en materia de residuos electrónicos. También son las encargadas de autorizar el manejo integral de éstos, e identificar aquellos que puedan estar sujetos a planes de manejo. Según el artículo 30 los residuos que podrán sujetarse a planes de manejo deben cumplir con los criterios siguientes y los que establezcan las normas oficiales mexicanas<sup>28</sup>:

1. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico.
2. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores.
3. Que se trate de residuos que contengan sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables.

---

<sup>27</sup> *Idem* Rojas Leonora, Gavilán Arturo, *et al.*, *Residuos Electrónicos en México y en el Mundo*

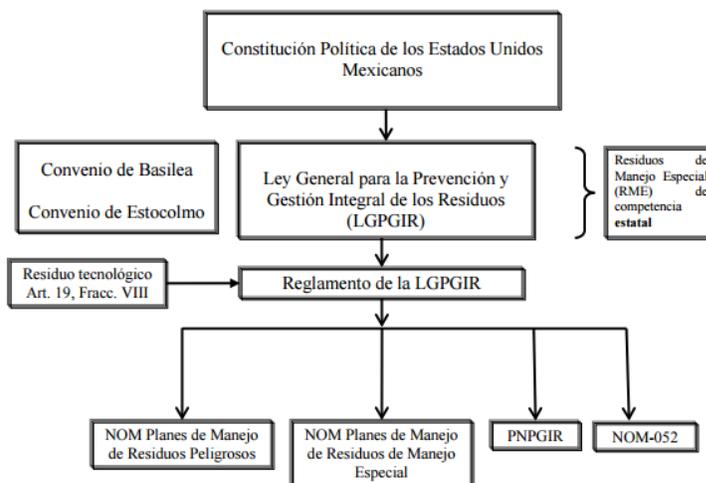
<sup>28</sup> *Idem* Rojas Leonora, Gavilán Arturo, *et al.*, *Residuos Electrónicos en México y en el Mundo*

4. Que se trate de residuos que representen un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.

Un plan de manejo es un instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de los residuos, con pasos específicos que busquen la eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno.

Para registrar los planes de manejo de residuos de manejo especial, se tiene a las entidades federativas como los responsables para hacerlo.

Figura 3. Marco Jurídico para los residuos de manejo especial



Fuente: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Los estados y municipios desempeñan una importante función en el manejo de los residuos electrónicos, debido a que son los que enfrentan en forma directa la problemática que se está generando, por lo que se ha establecido dentro de la LGPGIR las responsabilidades para los residuos de manejo especial.

A partir de la entrada en vigor de la NOM-161-SEMARNAT-2011, el pasado 1 de agosto de 2013, se generó un cambio en el modelo de gestión de residuos electrónicos. Otorgando responsabilidades a los productores, comercializadores y distribuidores de productos que al terminar su tiempo de vida útil se convierten en residuos de manejo especial, así como a los generadores de residuos electrónicos (usuarios).

Figura 4. Cuadro comparativo del modelo de gestión de los residuos electrónicos

<b>Característica</b>	<b>Modelo anterior</b>	<b>Modelo actual</b>
<b>Obligaciones de las empresas</b>	No existían	Implementación de un plan de manejo de residuos de manejo especial
<b>Responsabilidades de los usuarios</b>	Depositarse los residuos electrónicos en el contenedor de residuos	Llevar los residuos electrónicos a los sitios indicados por los productores, comercializadores y/o distribuidores de productos electrónicos.
<b>Indicadores de rentabilidad</b>	Utilidades	Utilidades
<b>Mecanismo de disposición</b>	Recolección informal y reciclaje en países en vías de desarrollo	Sistema oficial de recolección
<b>Modelo del reciclaje</b>	No existía	Abarca desde la recolección de los residuos electrónicos hasta su reciclaje.

Fuente: Rojas Leonora, Gavilán Arturo, *et al.*, *Residuos Electrónicos en México y en el Mundo*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

### 5.5. Principales empresas recicladoras en México descripción y análisis

En 2010 SEMARNAT elaboró un Directorio de centros de acopio de materiales provenientes de residuos en México. Este contiene información de centros de acopio especializados por tipo de material en cada uno de los estados de la República. Con base en esa información se identificó que existen 39 empresas que se dedican al reciclaje de residuos electrónicos, de las cuales únicamente 16 mencionan que, dentro de los productos que reciben, se encuentran los televisores.

En las páginas web de cada una de éstas empresas se investigó cuál es el alcance de los servicios de reciclaje que ofrece, detectando que hay algunas de éstas cuya información no está disponible en internet.

Figura 5. Descripción de empresas recicladoras en México

Empresa	Descripción
Recicla Electrónicos México (REMSA)	Organización mexicana que cuenta con personal capacitado, procesos patentados e infraestructura para captar, recolectar, separar y reciclar todos los materiales que se generan como son el vidrio del monitor, los plásticos, las tarjetas electrónicas y los metales (ferrosos y no ferrosos). Cuenta con cobertura a nivel nacional.
Cali Resources, S.A. de C.V.	Empresa que cuenta con áreas especializadas con líneas de desensamble donde separan todo el producto electrónico que recolectan por tipo, por ejemplo, plásticos, metal, cartón, etc. Además tiene una planta para el reciclaje de pantallas CRT.
Proambi	Compañía mexicana que provee de servicios de reciclaje-fin de vida. Recupera plásticos y metales ferrosos y no ferrosos. Tiene cobertura en toda la República Mexicana.
In Cycle Electronics de México S.A. de C.V.	Empresa mexicana que separa los componentes de los residuos electrónicos y los vende a empresas comprometidas con el medio ambiente.
Recicladora Ecoazteca	Organización que desensambla residuos de manejo especial y realiza la separación de los componentes, una vez que los tiene los envía a procesadores nacionales o los exporta.
Belmont BT Recycling Solutions	Compañía establecida en Jalisco que ofrece dentro de sus servicios de reciclaje el desensamble, destrucción y remoción de componentes
Scraps Trading and Recycling	Empresa de origen nacional que se dedica a la recolección y transporte de residuos de manejo especial
Mundo Rojo Trading Industry	Organización mexicana que realiza la recolección de los residuos electrónicos y que cuenta con los procesos adecuados para la recuperación de los componentes de los equipo.

Fuente: Elaboración propia a partir de la investigación de campo

Con base en la información disponible de cada una de las empresas únicamente cuatro de estas menciona a que dentro de sus servicios está el reciclaje de los componentes de los residuos electrónicos, el resto sólo desensambla y vende los componentes obtenidos a empresas que se dedican al reciclaje particular de cada uno de éstos.

Por lo anterior para el reciclaje de los 40 millones de televisores analógicos que prevé SEMARNAT que se generarán producto del apagón analógico, existen en el territorio nacional únicamente 4 empresas.

## 5.6. Planes gubernamentales y capacidades de reciclado

De acuerdo al Programa de trabajo para la transición a la televisión digital terrestre, publicado en el *D.O.F.* el 13 de mayo de 2014, desde mayo de 2014 se debía establecer un programa de acopio y destino final de los televisores analógicos desechados producto de la transición a la televisión digital terrestre. Sin embargo fue hasta el 24 de junio de 2015 que SEMARNAT y la SCT publicaron el Programa Nacional para la Gestión Integral de los Televisores Desechados por la Transición a la Televisión Digital.

Dicho programa tiene como principal objetivo proteger la salud de la población y evitar la contaminación ambiental, mediante una gestión integral de los televisores analógicos convertidos en residuos electrónicos, de acuerdo a los principios de reducción, reutilización y reciclado, en los que aplique la responsabilidad compartida y diferenciada entre los sectores sociales y los tres órdenes de gobierno.<sup>29</sup>

Para la gestión integral de los televisores analógicos que se desechen SEMARNAT consideró la siguiente cadena de manejo: traslado, acopio, transporte, almacenaje, reciclaje y disposición final.

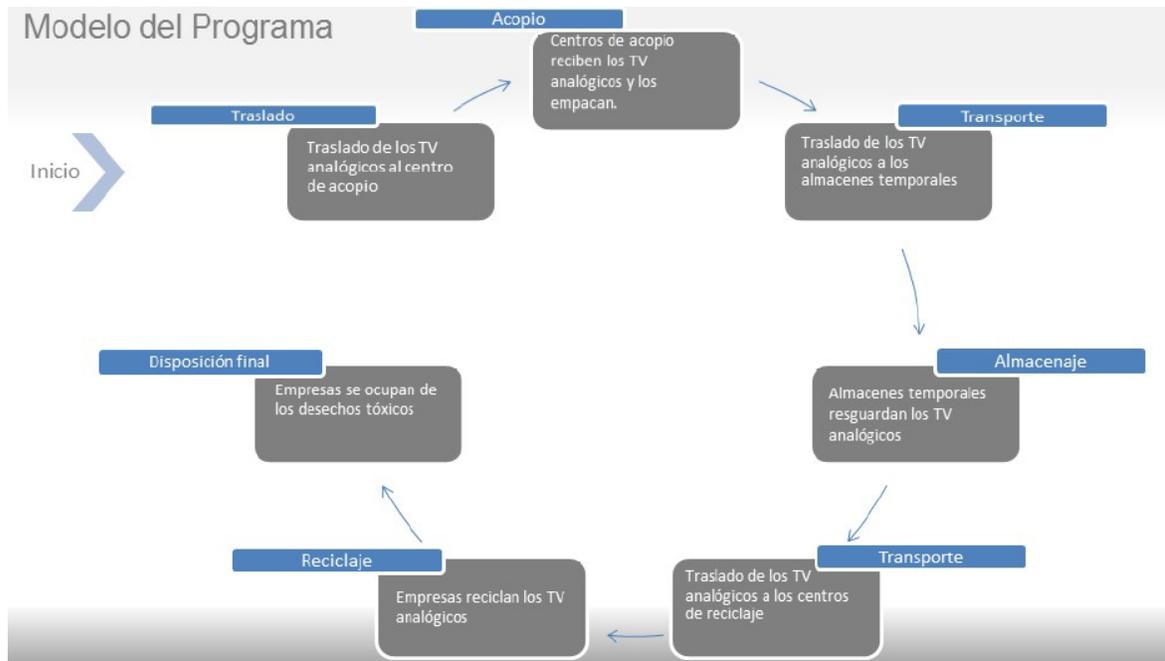
Las estrategias del programa para el consecuente logro de los objetivos son:

- Establecer mecanismos de coordinación entre autoridades federales, estatales municipales.
- Elaborar estrategias de difusión entre los tres órdenes de gobierno.
- Informar e incentivar a la población para la entrega sus televisores analógicos a los centros de acopio para su correcto manejo.
- Instalar centros de acopio y realizar eventos con el mismo propósito, así como instalar almacenes temporales, previo al reciclaje.
- Suscribir contratos con empresas que tengan experiencia en el reciclaje de televisores analógicos y estén autorizadas por SEMARNAT para el manejo, reciclaje y confinamiento de residuos peligrosos.

---

<sup>29</sup> Programa nacional para la gestión integral de los televisores desechados por la transición a la televisión digital, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2015

Figura 6. Modelo del programa



Fuente: Programa nacional para la gestión integral de los televisores desechados por la transición a la televisión digital, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2015

Figura 7. Acciones que deberá realizar cada uno de los actores identificados en el plan.

	Coordinación del programa	Campañas de difusión	Traslado a centros de acopio	Establecer centros de acopio	Traslado a almacenes temporales	Establecer almacenes temporales	Suscribir contratos con empresas privadas	Reciclaje y disposición final
<b>Particular</b>			X					
<b>SEMARNAT</b>	X	X					X	
<b>SCT</b>		X		X	X	X	X	
<b>Estados</b>		X			X	X		
<b>Municipios</b>		X	X	X	X			
<b>Recicladoras</b>								X
<b>Instituciones</b>		X						

Fuente: Programa nacional para la gestión integral de los televisores desechados por la transición a la televisión digital, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2015

Con el propósito de facilitar e incentivar la participación de la población en el logro del objetivo del presente programa la ubicación de los centros de acopio deberá ser accesible, con horarios de atención

amplios, incluyendo fines de semana. Asimismo, se buscará realizar acciones y eventos públicos que despierten el interés y hagan co-participes a los ciudadanos, tales como:<sup>3º</sup>

1. Atención preferente a beneficiarios que entreguen su televisor analógico a la par de recibir el televisor digital.
2. Organización de eventos públicos culturales, artísticos y/o deportivos a nivel estatal en lugares de acopio.
3. Realizar rifas y sorteos, entregando un boleto por cada televisor analógico acopiado.
4. Por cada televisor analógico entregado, otorgar pases de acceso a espacios recreativos, culturales, deportivos y/o artísticos estatales y municipales.
5. Concursos escolares para acopio de televisores analógicos.

El programa inició con una prueba piloto a partir del 1 de julio de 2015, misma que se alineará con el cronograma de entrega de televisores digitales previsto en el Programa de TDT.

El documento establece que la rendición de cuentas debe realizarse periódicamente y tiene que contener información sobre los avances del programa, los inventarios de televisores analógicos acopiados y reciclados, así como la infraestructura disponible para su manejo.

Es importante mencionar que en los medios de comunicación masiva no se han hecho comunicados que informen a la población acerca de centros de acopio y de incentivos que tiene pensado el gobierno implementar.

---

<sup>3º</sup> Programa nacional para la gestión integral de los televisores desechados por la transición a la televisión digital, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2015

## 6. Conclusiones

Los televisores analógicos son residuos de manejo especial cuyos componentes contienen sustancias que contaminan el medio ambiente y dañan al ser humano. Sin embargo, si su disposición se realiza de manera adecuada sus componentes pueden reaprovecharse incorporándolos nuevamente a la cadena productiva. Se observa que dentro del Programa de trabajo para la transición a la televisión digital terrestre no se dio cumplimiento a las acciones encaminadas a la disminución del impacto ambiental, ya que el programa elaborado por SEMANAT presenta un año de atraso.

Es indispensable que el gobierno implemente una estrategia que permita disminuir el volumen de los residuos electrónicos (40 millones)<sup>31</sup> que se generarán producto del apagón analógico. Lo anterior es poco probable que se logre con las acciones que se tienen establecidas en el Programa nacional para la gestión integral de los televisores desechados por la transición a la televisión digital, debido a los puntos que se exponen a continuación:

- De acuerdo a lo establecido en el Programa de TDT el apagón analógico tendrá lugar en diciembre de 2015. Sin embargo el programa establecido por SEMARNAT se encuentra desde junio de 2015 en una fase de prueba piloto y a la fecha *no se han presentado sus resultados*.
- A nivel nacional sólo se cuenta con cuatro empresas, autorizadas por SEMARNAT, que realizan el reciclaje de los televisores analógicos. El resto de las empresas se dedican a desmantelar y vender los componentes a otras industrias de reciclaje.
- La estructura de incentivos que se propone no permite la generación de conciencia de la población, acerca de los daños que puede causar el desechar de manera inadecuado los televisores analógicos.

---

<sup>31</sup> Las cifras son contradictorias, sobre el particular se dice que solo se reciclaron el 10% , 40% permanece almacenada en casas-habitación y bodegas y el resto fue a los recicladores informales, rellenos sanitarios o tiraderos no controlados. El instituto Nacional de Estadísticas y Geografía señala que en siete años se triplicó la cantidad de basura electrónica. Ver: *La jornada*, 15 de septiembre de 2015, p. 23.

## 7. Referencias

- Benítez Griselda, Risquez Alberto, Lara Ma. del Socorro., "La basura electrónica: computadoras, teléfonos celulares, televisiones ". *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*, volumen XXIII, Enero- Abril 2010.
- *Diario Oficial de la Federación* del 11 de junio de 2013.
- Hagelüken C. "Improving metal returns and eco-efficiency in electronic recycling. Electronics and the Environment". *Conference Recors IEEE International Symposium*, (8-11), 2004, pp. 226-230.
- Instituto Nacional de Ecología. *Diagnóstico sobre la generación de residuos electrónicos en México*. México, SEMARNAT, 2006.
- Lehner T. 2006, Mining the Precious Metals from Electronic Scrap: Hype or Hope? Electronics C. Tech Innovation, 2007. An Integrated Approach to Electronic Waste (WEEE) Recycling, DEFRA Waste and Resources Research Programme, United Kingdom.
- Mathias Schlupe, Christian Hagelueken, *et al.*, *Sustainable Innovation and Technology y Transfer Industrial Sector Studies, Recycling-from E-waste to resources*, United Nations Environmental Programme, julio 2009. [http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste\\_publication\\_screen\\_FINALVERSION-sml.pdf](http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf).
- *Programa nacional para la gestión integral de los televisores desechados por la transición a la televisión digital*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2015
- *Programa de trabajo para la transición a la televisión digital terrestre, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 Gobierno de la República*. ([http://www.sct.gob.mx/fileadmin/Imagenes\\_Portada/programa-trabajo-transicion-tdt.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/Imagenes_Portada/programa-trabajo-transicion-tdt.pdf)).
- Programa de trabajo para la transición a la televisión digital terrestre, Secretaría de Comunicaciones y Transportes. *Diario Oficial de la Federación* el 13 de mayo de 2014.
- Robinson Brett H, "E-waste: An assessment of global production and environmental impacts", *Science of the Total Environment*, volume 40, 2009.
- Román Moguel Guillermo, *Diagnóstico sobre la generación de residuos electrónicos en México*, Instituto Politécnico Nacional, México 2007.
- Rojas Leonora, Gavilán Arturo, *et al.*, *Residuos Electrónicos en México y en el Mundo*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- UNESCO, *Los Residuos Electrónicos: un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe*, Uruguay Montevideo, RELAC, 2010.

## SITUACIÓN DEL SISTEMA PÚBLICO DE SALUD EN ESPAÑA. CONSECUENCIAS EN EL BIENESTAR DE LA POBLACIÓN

Prof. Dr. Anna Maria. **GIL LAFUENTE**, PhD Alexandra **BALVEY**

Universidad de Barcelona, amgil@ub.edu, alexandrabalvey@hotmail.com

Prof. Dr. Federico **GONZÁLEZ SANTOYO**, Prof. Dr. Beatriz **FLORES ROMERO**

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, fsantoyo@umich.mx, betyf@umich.mx

### Resumen

Los escenarios económicos actuales que afectan a los países de la Unión Europea se hallan inmersos en una situación de profundos cambios estructurales. Por un lado las dificultades económicas causadas por la crisis han obligado a los gobiernos a adoptar numerosas medidas de ajuste que han repercutido en todos los ámbitos de la sociedad. Por otro lado la mayoría de la población soporta las consecuencias de los efectos de esta crisis que se manifiestan, principalmente, en forma de recortes en empleo y servicios.

Uno de los indicadores clave que determina la prosperidad de un país es la de su sistema de salud. España ha aumentado el nivel de todos sus indicadores de forma muy significativa en los últimos decenios gracias al esfuerzo de la ciudadanía, la calidad de nuestros investigadores y todo el colectivo de facultativos y personal del sector sanitario. Actualmente este sistema de salud universal corre el riesgo de truncarse irreversiblemente debido a las reestructuraciones que a nivel económico se están produciendo. La disminución en la financiación del sistema sanitario está repercutiendo en la calidad asistencial sin que se establezcan mecanismos de eficiencia con los recursos disponibles.

El trabajo que se presenta se basa en poner de relieve los beneficios que tiene para la economía y para la sociedad en general, la atención sanitaria de la población. En este sentido se plantean dos grandes objetivos básicos. Por un lado hacer un diagnóstico de cuál es la situación del sistema de salud a nivel del Estado Español. Por otro, plantear vías para hacer más eficiente este sistema, debiendo convivir la menor cantidad de recursos con el mantenimiento de la calidad asistencial.

**Palabras Clave:** diagnóstico precoz, sistema nacional de salud, calidad asistencial

## 1. Situación de la Sanidad

### 1.1. Esperanza de vida

A 1 de enero de 2012 residían en España 47,3 millones de habitantes, con una tasa de natalidad de 10,2 nacimientos por cada 1.000 habitantes y una edad media materna de casi 32 años. La esperanza de vida (EV) al nacer en España en 2011 era de 82,3 años (79,3 años para los hombres y 85,3 años para las mujeres). El continuo incremento que se viene observando en los últimos decenios en la esperanza de vida (EV) tiene importantes consecuencias sanitarias y sociales: aumento del número de personas de avanzada edad, predominio de las enfermedades crónicas y mayores tasas de dependencia.

Los años vividos por un individuo no serán todos en un estado de perfecta salud y el incremento observado en la esperanza de vida en una población podría no ir acompañada de un buen nivel salud. Para acercarnos a esta situación es necesario utilizar indicadores como la esperanza de vida en situación de salud (EVS), conjunto diverso de indicadores que tienen en cuenta no solo la experiencia de mortalidad de la población, sino también la experiencia de morbilidad o incapacidad.

Los años de vida saludable el nacer (AVSn) en España se situaron en 66,4 años (67,0 en hombres y 65,9 en mujeres). Desde el año 2007, cuando eran de 63,0 años (63,0 en hombres y 62,9 en mujeres), los AVSn han aumentado en 3,4 años en el conjunto de la población española. Este incremento fue ligeramente superior en los hombres, en los que aumentó 4 años, que en las mujeres, en las que se incrementó en 3 años.

Por su parte, la esperanza de vida al nacimiento (EVn) aumentó durante ese mismo periodo de estudio (2007-2011) en 1,2 años de media (1,5 en los hombres y 1 año entre las mujeres). Al nacer, las mujeres españolas esperaban vivir 6,1 años más que los hombres. Sin embargo, cuando se tienen en cuenta los AVSn, esta diferencia a favor de las mujeres que se observa en la EVn desaparece, y son los hombres los que esperan vivir sin limitación de actividad 1,1 años más que las mujeres. El 80,6% de los años de EVn (84,5% en hombres y 77,3% en mujeres) fueron vividos sin limitación.

Al nacer, la población española esperaba vivir 66,4 años sin limitación de actividad (AVSn). Entre 2007 y 2011, los AVSn habían aumentado en 3,4 años, mientras que la EVn lo hizo en 1,2 años. Ello sugiere un efecto de compresión de la morbilidad en la población española.

**Tabla 1. Esperanza de vida (EV) y años de vida saludables (AVS) al nacer y a los 65 años por sexo**

	EV		AVS	
	2007	2011	2007	2011
<b>Al nacer</b>				
Ambos sexos	81,1	82,3	63,0	66,4
Hombres	77,8	79,3	63,0	67,0
Mujeres	84,3	85,3	62,9	65,9
<b>A los 65 años</b>				
Ambos sexos	20,0	20,9	11,4	12,1
Hombres	17,8	18,7	11,5	12,4
Mujeres	21,9	22,8	11,4	11,9

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Esperanzas de vida en salud en España 2007-2011.

El porcentaje de los años de EVn vividos sin limitación fue del 80,6%, porcentaje que ha aumentado desde 2007, año en que fue del 77,7%. La edad a la que el 50% de la población española esperaba vivir sin limitación de actividad fue de 73 años, ligeramente superior a la observada en 2007. Los años de vida saludable a la edad de 65 años (AVS65) fueron de 12,1 años, lo que supuso casi un 60% de la esperanza de vida a esa edad. Los AVS65 aumentaron algo menos de un año desde 2007.

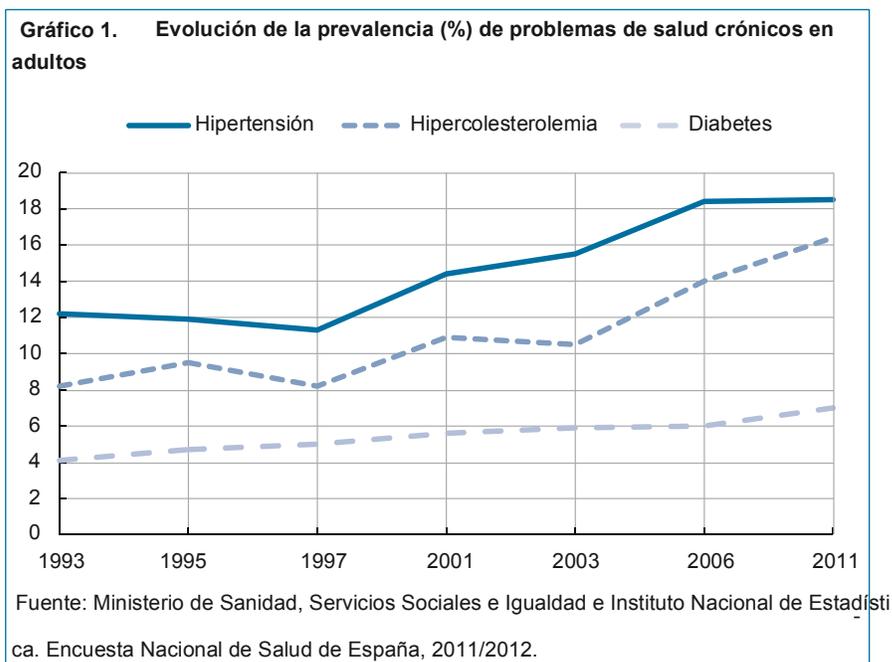
Los hombres esperaban vivir sin limitación de actividad alrededor de 1 año más que las mujeres. Aunque desde el año 2007 los AVSn aumentaron tanto en uno como en otro sexo, el mayor incremento observado en los hombres tuvo como consecuencia un aumento de las diferencias entre uno y otro sexo.

Al nacer, las mujeres esperaban vivir 19 años con limitación de actividad, por encima de lo observado en los hombres (12,3). Tanto en uno como en otro sexo, el número de años vividos con limitación se redujo desde 2007 a 2011 en alrededor de 2 años. El porcentaje de los años de esperanza de vida al nacer que son vividos sin limitación en 2011 fue mayor en los hombres (84,5%) que en las mujeres (77,3%). Tanto en uno como en otro sexo, este porcentaje aumentó desde 2007.

A la edad de 65 años, los hombres esperaban vivir 12,4 años de vida saludable (un 66% de la EV a esa edad) mientras que las mujeres esperaban vivir 11,9 años (un 52% de la EV65).

## 1.2. Morbilidad

Las enfermedades crónicas y las no transmisibles vienen experimentando un incremento continuado desde las últimas décadas del siglo XX y han reemplazado a las enfermedades infecciosas como principales causas de morbilidad y mortalidad.



Los adultos españoles padecen un problema de salud crónico en la proporción de 1 de cada 6, siendo las mujeres quien con más frecuencia los padece.

**Tabla 2. Problemas de salud crónicos (%) en mujeres adultas mayores de 15 años ordenados de mayor a menor**

	Mujeres
Artrosis, artritis o reumatismo	25,1
Dolor de espalda crónico (lumbar)	22,8
Dolor de espalda crónico (cervical)	21,9
Hipertensión arterial	19,5
Colesterol alto	16,8
Migraña o dolor de cabeza frecuente	12,3
Alergia crónica	11,8
Ansiedad	9,8
Depresión	8,7
Problemas de tiroides	7,8
Diabetes	6,8

Asma	4,8
Bronquitis crónica	3,4
Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad e Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Salud de España, 2011/2012.	

**Tabla 3. Problemas de salud crónicos (%) en hombres adultos mayores de 15 años ordenados de mayor a menor**

	Mujeres
Hipertensión arterial	17,4
Colesterol alto	15,9
Dolor de espalda crónico ( lumbar)	14,3
Artrosis, artritis o reumatismo	11,1
Alergia crónica	9,7
Dolor de espalda crónico ( cervical)	9,6
Diabetes	7,1
Migraña o dolor de cabeza frecuente	4,2
Bronquitis crónica	4,2
Ansiedad	3,5
Asma	3,4
Depresión	3
Problemas de tiroides	1
Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad e Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Salud de España, 2011/2012.	

En el caso de la diabetes, la prevalencia en hombres es superior a la de las mujeres.

### 1.3. Mortalidad general

Según los últimos datos disponibles se produjeron en España 387.911 defunciones, 5.864 más que las registradas en el año anterior. Fallecieron 188.057 mujeres (un 2,2% más que el año anterior) y 199.854 hombres (un 0,9% más). La tasa bruta de mortalidad se situó en 841,0 fallecidos por cada 100.000 habitantes, lo que supuso un aumento del 1,4% respecto al año anterior. Por sexo, la tasa femenina se situó en 802,2 fallecidas por cada 100.000 mujeres, mientras que la masculina fue de 881,1 por cada 100.000 hombres.

Las tres principales causas de muerte por grandes grupos de enfermedades fueron las enfermedades del sistema circulatorio (responsables del 30,5% del total de defunciones), los tumores (28,2%) y las enfermedades del sistema respiratorio (10,9%). Las dos primeras mantuvieron la misma tendencia de los últimos años: ascendente en los tumores (un 2,0% más de fallecidos) y descendente en las enfermedades circulatorias (0,7%).

En cambio, las muertes por enfermedades respiratorias aumentaron un 4,9%, después de haber disminuido en los dos años anteriores.

El grupo que experimentó un mayor aumento de defunciones, en términos relativos, fue el de enfermedades del sistema nervioso (5,0%), que se situó como cuarta causa de muerte más frecuente. La principal enfermedad de este grupo es el Alzheimer, que causó 11.907 muertes, lo que ya supone más del doble de fallecimientos que en el año 2000. Las causas de mortalidad más frecuentes en ambos sexos fueron los tumores y las enfermedades del sistema circulatorio, aunque en distinto orden para cada caso. Los tumores fueron la primera causa de muerte en los hombres (con una tasa de 295,3 fallecidos por cada 100.000) y la segunda en mujeres (con 180,7). En ambos casos la tasa aumentó respecto al año pasado.

A nivel más detallado de enfermedades, las isquémicas del corazón (infarto, angina de pecho, etc.) y las cerebrovasculares volvieron a ocupar el primer y segundo lugar en número de defunciones. No obstante, en ambos casos, se produjo un descenso de muertes respecto al año anterior (del 1,2% y 4,3%, respectivamente). Las isquémicas fueron la primera causa en los hombres y las cerebrovasculares en las mujeres.

Dentro de los tumores, los responsables de mayor mortalidad fueron el cáncer de bronquios y pulmón (con un 1,6% más de defunciones que en 2010) y el cáncer de colon (con un 4,0% más). Por sexo, el cáncer que más muertes causó entre los hombres fue el de bronquios y pulmón. Y entre las mujeres el de mama, que aumentó un 0,4%.

**Tabla 4. Defunciones según las principales causas de muerte**

	Año 2011		
	Total	Hombres	Mujeres
<b>Total defunciones</b>	<b>387.912</b>	<b>199.854</b>	<b>188.057</b>
Enfermedades isquémicas del corazón	34.812	19.925	14.912
Enfermedades cerebrovasculares	28.812	12.152	16.703
Cáncer de bronquios y pulmón	21.025	17.479	3.579
Insuficiencia cardíaca	17.085	5.954	11.135
Enfermedades crónicas de la vías respiratorias superiores e inferiores	15.912	11.819	4.085
Demencia	14.512	4.780	9.803
Enfermedad de Alzheimer	11.907	3.528	8.379
Cáncer de colon	11.687	6.687	5.000
Diabetes mellitus	9.912	4.153	5.842
Enfermedad hipertensiva	9.667	3.193	6.476
Neumonía	8.167	4.166	4.001

Insuficiencia renal	6.63	3.253	3.406
Cáncer de mama	6.399	85	6.314
Cáncer de próstata	6.034	6.034	...
Cáncer de páncreas	5.812	3.009	2.803
Observaciones: Causas con un peso relativo superior al 1,5%.			
Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Defunciones según causa, 2011.			

## 2. Recursos asistenciales

### 2.1. Médicos en ejercicio

En el Sistema Nacional de Salud trabajaban 132.935 médicos (incluidos 20.489 especialistas en formación) con una proporción de 2,9 médicos en ejercicio por cada 1.000 habitantes. Los médicos adoptan las decisiones fundamentales sobre diagnósticos y tratamientos y ordenan la mayor parte de la demanda del resto de los recursos humanos en el ámbito de la asistencia. Una oferta adecuada de médicos, tanto en atención primaria como en atención especializada, geográficamente bien distribuidos, resulta fundamental para proporcionar a los pacientes acceso a una atención médica de calidad.

Por niveles asistenciales, en los 3.006 centros de salud y 10.116 consultorios de atención primaria pública trabajaban 28.743 médicos de familia y 6.424 pediatras, lo que suponía contar con 0,8 médicos por 1.000 tarjetas sanitarias asignadas. En atención especializada, en los 452 hospitales de la red pública del Sistema Nacional de Salud<sup>6</sup>, trabajaban un total de 77.279 médicos y 20.489 especialistas en formación, siendo 2,1 la disponibilidad de especialistas por 1.000 habitantes (1,7 y 0,4 respectivamente).

### 2.2. Camas hospitalarias y puestos de día en funcionamiento en la red pública del SNS

En los 452 hospitales que dependen de la red pública Sistema Nacional de Salud (59,2% de los hospitales españoles) estaban en funcionamiento 113.518 camas (79,6% del total de camas del país), lo que suponía una dotación de 2,5 camas por 1.000 habitantes. La tasa de camas en funcionamiento en España era de 3,1 por 1.000 habitantes.

Prácticamente todos los hospitales de más de 500 camas, dependen de la red pública del SNS, son también públicos 56 de los 58 hospitales entre 501 y 1.000 camas y todos los 18 hospitales de más de 1.000 camas. Si bien el número de camas dimensiona los recursos disponibles para la atención con internamiento, para reflejar mejor la capacidad que tienen los hospitales para realizar actividades deben tenerse en cuenta, también, los

puestos de día donde se realizan actuaciones que no precisan ni justifican el internamiento en el hospital. El Sistema Nacional de Salud contaba con 32,6 puestos de día por 100.000 habitantes.

### **2.3. Tecnologías médicas en la red pública del SNS**

La expansión de las tecnologías médicas, la mayoría de ellas situadas en los hospitales, constituyen uno de los principales impulsores de la mejora en el proceso del diagnóstico y tratamiento de numerosas enfermedades.

La tomografía axial computerizada y la resonancia magnética son una gran ayuda para los médicos en el proceso diagnóstico de un gran número de enfermedades. La dotación de la red pública del SNS era de 521 equipos para la realización de TAC: 11,3 por 1.000.000 de habitantes y de 279 aparatos para la realización de resonancias magnéticas: 6,1 por 1.000.000 de habitantes.

La mamografía facilita el diagnóstico del cáncer de mama, el más común en el caso de las mujeres. Un diagnóstico y una intervención precoces elevan de manera significativa las tasas de supervivencia de este tipo de tumor. La dotación de mamógrafos en la red de hospitales del SNS fue de 421 con una tasa de 9,1 aparatos por 1.000.000 de habitantes.

La radioterapia se utiliza en el tratamiento de muchos tipos de cáncer. Un alto porcentaje de pacientes con un diagnóstico tumoral reciben sesiones de radioterapia. La dotación de aparatos de radioterapia de la red de hospitales del SNS (bombas de tele-cobaltoterapia y aceleradores lineales) fue de 176 equipos lo que supone una tasa de 3,8 aparatos por 1.000.000 de habitantes.

## **3. Actividad de los Servicios Sanitarios**

### **3.1. Actividad en centros de salud**

La frecuencia general anual a las consultas médicas del primer nivel asistencial (médico de familia y pediatra) del Sistema Nacional de Salud por persona asegurada es de 5,6 visitas, lo que supone que se atienden alrededor de 259 millones de consultas médicas al año en los 3.006 centros de salud y 10.116 consultorios en funcionamiento.

**Tabla 5. Actividad asistencial en Atención Primaria del Sistema Nacional de Salud**

	Consultas por población asignada y año			Número de consultas
	2009	2010	2011	2011
<b>En horario ordinario en AP</b>				
Medicina	5,6	5,4	5,6	258.775.162
Medicina de familia	5,6	5,5	5,6	223.643.239
Pediatria	5,3	5,2	5,4	35.131.923
Enfermería	2,9	2,8	2,8	131.578.006
<b>Fuera de horario: urgencias en AP</b>				
Medicina	0,5	0,5	0,5	20.180.146
Enfermería	0,3	0,3	0,3	7.880.262
<b>Total</b>				
Medicina	6,1	5,9	6,0	278.995.308
Enfermería	3,2	3,1	3,1	139.458.268

Observaciones: los datos de urgencias de AP de 2009 se refieren a 11 comunidades autónomas (68% de la población), los de 2011 de medicina a 15 comunidades autónomas (80% de la población) y de enfermería a 14 comunidades autónomas (62% de la población). Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Atención Primaria SIAP).

Si se tiene en cuenta también la atención a la urgencia fuera del horario ordinario, el número de consultas llega a 279 millones. Si a la actividad médica se añade la de enfermería, el volumen supera los 418 millones de contactos.

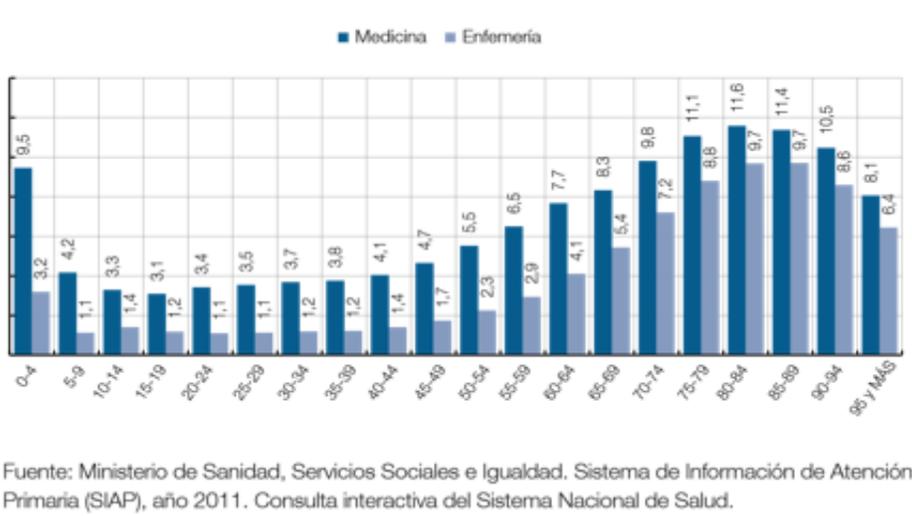
Por sexo las mujeres generan un volumen de consultas superior al de los hombres tanto en medicina de familia (58,8%) como en enfermería (56,2%), mientras que en pediatría son los varones los que generan más de la mitad del total de las consultas (52,1%).

La frecuentación media en centro y domicilio ha sido de 5,6 consultas médicas por persona asignada y año, siendo de 5,6 para medicina de familia y 5,4 para pediatría. En enfermería, la media alcanzó 2,8 visitas por persona asignada y año.

En cuanto al lugar en el que se presta la atención, el 97% de la actividad global fue realizada en el centro sanitario, y el 3% en domicilio, si bien esta modalidad varía de manera importante en función del profesional.

La actividad domiciliaria (2,9 millones de consultas) supone el 1,3% del total de la actividad de medicina de familia y el 7,6% en el caso de enfermería (10 millones de consultas), siendo en la práctica muy baja (15.700 consultas) en el caso de la pediatría.

**Gráfico 2. Frecuentación general por grupos de edad a medicina y enfermería**



Por grupos de edad la frecuentación general en el grupo de 0 a 4 años es de 9,5 decreciendo hasta 3,1 durante la adolescencia (15 a 19 años) siendo el grupo de edad con la frecuentación más baja. El ascenso posterior, muy paulatino hasta los 45 años, aumenta más claramente a partir de esa edad, alcanzando la frecuentación más alta en el grupo de 80-84 años, con una media de 11,6 visitas al año.

En enfermería el grupo de edad de 0 a 4 años tiene una frecuentación media de 3,2 consultas/año, descendiendo hasta 1,2 en el grupo de 15 a 19 años y a 1,1 en el de 20 a 24 e iniciando un ascenso progresivo a partir de los 45 años, hasta llegar al grupo de 80-84 años que junto con el de 85 a 89 años son los de mayor frecuentación, con cifras de 9,7 consultas al año.

### 3.2. Actividad en hospitales

Cada año se producen unos 4 millones de altas en los hospitales dependientes del Sistema Nacional de Salud lo que supone el 77,1% del total de las altas que se producen en el sector hospitalario español. Del mismo modo, se han producido en el Sistema Nacional de Salud 75,5 millones de consultas a los diferentes médicos especialistas (86,0% del total), se han atendido 21,0 millones de urgencias (79,5% del total) y se han realizado 3,4 millones de intervenciones quirúrgicas, de las que más de 1 millón se realizaron con cirugía mayor

ambulatoria lo que supone un porcentaje de sustitución superior al 30%. La actividad quirúrgica de los hospitales del SNS supone el 71,0 % del total de la actividad quirúrgica de España.

En los hospitales del Sistema Nacional de Salud se han atendido más de 368.000 partos (78,7% del total) con un 21,8% de cesáreas. Para la totalidad del sector (público y privado) el porcentaje de cesáreas fue del 25,0.

**Tabla 6. Actividad médica, quirúrgica y obstétrica en hospitales y centros de especialidades**

	2009		2010		2011	
	SNS	Total	SNS	Total	SNS	Total
Altas (miles)	3.941,5	5.269,8	4.047,3	5.239,2	4.005,2	5.193,1
Altas /1000 hab.	85,8	114,7	87,9	113,7	86,8	112,6
Consultas(miles)	70.041,1	82.142,4	74.337,5	85.561,9	75.468,1	87.749,7
Consultas/1000 hab.	1.525,0	1.788,5	1.613,5	1.857,1	1.636,2	1.902,4
Urgencias	21.217,4	26.898,6	20.960,0	25.967,4	21.010,6	26.443,8
Urgencias/1000 hab.	462,0	585,6	454,9	563,6	455,5	573,3
Actos Quirúrgicos (miles)	3.181,4	4.663,9	3.329,4	4.665,6	3.365,1	4.741,4
Actos quirúrgicos/ 1000 habitantes	69,3	101,5	72,3	101,3	73,0	102,8
CMA (miles)	929,1	1.308,4	980,4	1.330,9	1.022,3	1.377,5
% CMA	29,2	28,1	29,4	28,5	30,4	29,1
Partos vaginales	299.833	364.881	298.185	358.563	288.373	351.432
Cesáreas	85.245	123.480	84.268	121.137	80.477	117.224
Total de Partos	385.078	488.361	382.453	479.700	368.850	468.656
% Cesáreas	22,1	25,3	22,0	25,3	21,8	25,0

Fuente. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Atención Especializada (SIAE).

El 13% del total de altas en los hospitales de agudos del Sistema Nacional de Salud lo constituye el parto, el puerperio y las complicaciones de la gestación; esta causa supone el 25,7% del total de las visitas a los hospitales de agudos en las mujeres. Otras causas en las mujeres, en orden de importancia por su peso relativo, son las enfermedades del aparato circulatorio (11,8%), las enfermedades del aparato digestivo y las del aparato respiratorio con un peso de 10,2% y 8,0% respectivamente. Los tumores suponen el 8,8%.

En el caso de los hombres la causa más frecuente de alta hospitalaria son también las enfermedades del aparato circulatorio, que representan el 16,9%, le siguen las enfermedades del aparato respiratorio con un peso del 14,7% y las del aparato digestivo con el 14,4%. Los tumores suponen el 11,2%. Los trastornos mentales son causa de alta hospitalaria más frecuente en hombres (2,4% del total de altas) que en mujeres (1,9% del total de altas).

**Tabla 7. Hospitalización en el Sistema Nacional de Salud. Altas por los principales grupos de enfermedad**

	Mujeres		Hombres	
	Altas	Altas por 10.000 hab.	Altas	Altas por 10.000 hab.
<b>Total</b>	<b>1.909.188</b>	<b>816,8</b>	<b>1.721.082</b>	<b>758,3</b>
Complicaciones del embarazo parto y puerperio	467.031	199,8	...	...
Sistema circulatorio	225.551	96,5	291.435	128,4
Aparato Digestivo	195.025	83,4	248.302	109,4
Sistema respiratorio	170.779	73,1	253.300	11,6
Tumores	168.673	72,2	192.823	85,0
Lesiones y envenenamientos	150.285	64,3	158.613	69,9
Sistema genitourinario	116.885	50,0	100.299	44,2
Sistema osteo-muscular y tejido conectivo	106.956	45,8	85.718	37,8
Sistema nervioso	55.905	23,9	57.524	25,3
Trastornos mentales	35.495	15,2	41.923	18,5

Observaciones: Se han incluido como principales grupos de enfermedad aquellos que suponen un peso relativo superior al 2,0% del total de altas.  
Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e igualdad. Registro de Altas-CMBD de los hospitales de agudos del Sistema Nacional de Salud, 2010.

En las últimas décadas, el número de procedimientos quirúrgicos llevados a cabo de forma ambulatoria, sin ingreso hospitalario, ha aumentado notablemente. Los avances en las tecnologías médicas y en particular la difusión de intervenciones quirúrgicas menos invasivas y mejores anestésicos han hecho posible este desarrollo.

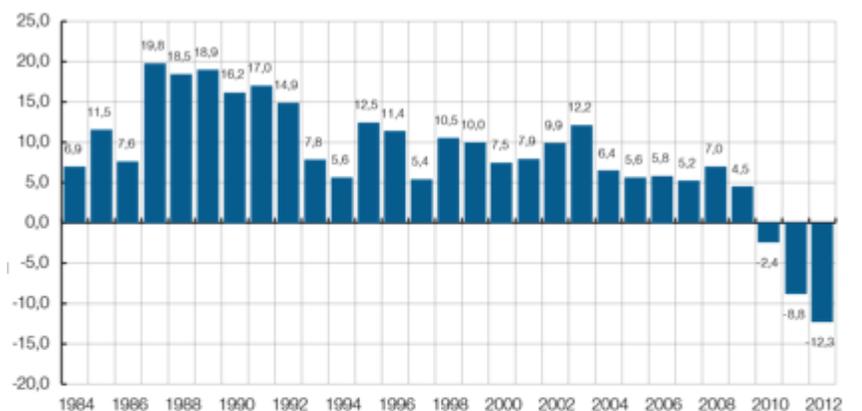
#### 4. Medicamentos

##### 4.1. Gasto farmacéutico

En 2012 el gasto farmacéutico generado por la facturación de recetas médicas del SNS con cargo a los fondos públicos de las comunidades autónomas y del INGESA fue de 9.770,9 millones de euros. Este gasto ha

supuesto un descenso sobre la facturación de 2011 de un 12,3%. La factura farmacéutica presenta una clara disminución desde el año 2010.

Gráfico 3. Porcentaje de incremento del gasto farmacéutico a través de la facturación de recetas médicas del SNS.



Observaciones: Gasto farmacéutico es el importe farmacéutico facturado a PVP con IVA menos las aportaciones de los usuarios, de las oficinas de farmacia y las deducciones por aplicación del RDL 8/2010.

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Partes estadísticas de facturación de recetas médicas. Años 1984-2012.

En 2012 es la primera vez desde el año 2004 que la factura farmacéutica pública baja de los 10.000 millones. En el segundo semestre del año, coincidente con el periodo de aplicación de las medidas del Real Decreto-ley 16/2012 aprobado por el Gobierno, el ahorro en farmacia asciende a casi 1.107 millones. Es a partir de julio de 2012 cuando la factura farmacéutica presenta un significativo descenso motivado por las nuevas medidas sobre aportación de los usuarios en la prestación farmacéutica y otras destinadas a la contención del gasto farmacéutico como la revisión de precios y actualización de precios menores.

#### 4.2. Recetas facturadas

El número de recetas facturadas ha supuesto en 2012 un total de 913,7 millones. En los años 2010 y 2011 se observó una contención en el crecimiento de recetas facturadas, pero en 2012 se produce un descenso del -6,1% respecto a 2011.

#### 4.3. Gasto medio por receta

En 2012 se mantiene la tendencia de bajada del gasto medio por receta con un descenso medio del 6,5% respecto al año anterior.

#### 4.4. Medicamentos genéricos

En el año 2012 el consumo de medicamentos genéricos supuso el 39,7% del total de envases de medicamentos facturados. En enero de 2012 el consumo era del 38,4% y en diciembre este porcentaje se incrementó al 43,7%. En relación al importe facturado, un 18,4% corresponde a medicamentos genéricos. En el transcurso del año ha ido aumentando al haber ido creciendo el número de envases facturados.

### 5. Acceso a los Servicios Sanitarios

#### 5.1. Citación con el médico de familia

La Atención Primaria es el primer nivel asistencial más cercano a los ciudadanos y tiene como característica principal su accesibilidad. El número de consultas médicas registradas en los Centros de Salud y consultorios de Atención Primaria supera los 258 millones de consultas, de las que el 86% son atendidas por el médico de familia. De cada 10 personas, 4 manifiestan que “siempre o casi siempre” se les facilitó cita con el médico de familia para el mismo día en que la habían solicitado.

Tabla 8. Citación con el médico de familia					
“Cuando pide cita con el médico de centro de salud para ir el mismo día, ¿se la dan...?”					
	2008	2009	2010	2011	2012
Siempre + casi siempre	45,3	40,7	41,6	39,5	39,2
Casi nunca + nunca	50,7	55,2	57,6	58,4	58,8
NS - NC	4,1	4,1	0,8	2,1	2,0

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Barómetro Sanitario, 2008-2012 (2013).

A los que “nunca o casi nunca” habían obtenido la cita para el mismo día (6 de cada 10 ciudadanos), de media tuvieron que esperar 3,6 días para recibir la asistencia solicitada.

#### 5.2. Acceso a consultas externas

La actividad en consultas externas de los hospitales y centros de especialidades de ellos dependientes alcanza cifras de 87,8 millones de consultas de las que el 36,4% son primeras consultas. Del total de consultas atendidas más del 87% están financiadas por el Sistema Nacional de Salud.

En general las especialidades quirúrgicas, sin contar Ginecología y Obstetricia, suponen un 39% del total de consultas, siendo Traumatología con 12% y Oftalmología, con un 10% del total de consultas, las más frecuentadas. Un 40% de consultas se produce en especialidades médicas, 9% en Ginecología y Obstetricia y 3% en Pediatría.

La proporción de pacientes pendientes de una primera consulta en especialidades básicas fue en 2012 de 42,2 por 1.000 habitantes con un tiempo medio de espera de 59 días, lo que supone un incremento de 3 días más respecto a la situación de la lista de espera en los seis meses precedentes.

**Tabla 9. Situación de la lista de espera de consultas externas en el SNS. Datos a 31 de diciembre de 2012**

	Total primeras consultas y especialidades básicas		
	Número de pacientes pendientes por 1.000 hab.	% con fecha asignada > de 60 días	Tiempo medio de espera (días)
Ginecología	4,4	41,5	85
Oftalmología	9,2	44,8	75
Traumatología	8,6	41,2	64
<b>Total</b>	<b>42,2</b>	<b>36,5</b>	<b>59</b>
Cardiología	2,1	36,1	59
Digestivo	3,0	36,6	57
Dermatología	6,6	39,8	56
Neurología	2,5	37,2	53
Urología	2,1	32,2	53
ORL	2,7	24,9	41
Cirugía General y de A. Digestivo	2,0	21,6	41

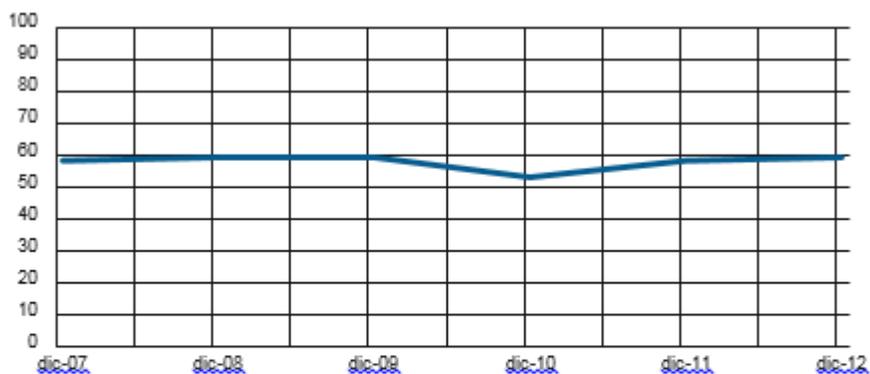
Observaciones: Datos ordenados de mayor a menor según el tiempo medio de espera. Porcentaje de especialidades básicas sobre el total de consultas externas: 78% Información referida a 15 Comunidades Autónomas e Ingesa (para Ceuta y Melilla). Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Listas de Espera en el SNS (SISLE).

**Tabla 10. Evolución de la lista de espera de consultas externas en el SNS**

	Pacientes por 1.000 habitantes	% de pacientes con cita > de 60 días	Tiempo medio de espera (días)
Diciembre 2007	39,3	34	58
Junio 2008	37,1	...	59
Diciembre 2008	37,5	37	59
Junio 2009	39,1	...	52
Diciembre 2009	40,2	37	59
Junio 2010	39,8	...	53
Diciembre 2010	33,0	35	53
Junio 2011	40,4	...	52
Diciembre 2011	36,1	38	58
Junio 2012	35,9	...	53
Diciembre 2012	42,2	36	59

Observaciones: Rotura de la serie en números absolutos. Desde Junio de 2012 se incluyen datos de las 17 comunidades autónomas e Ingesa (de 2007 a 2011, inclusive, los datos corresponden a 16 comunidades autónomas e Ingesa).  
Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Listas de Espera en el SNS (SISLE).

Gráfico 4. Evolución de la lista de espera para consultas externas en el SNS según el tiempo medio de espera (días).



Observaciones: Datos 2012 incluyen cifras de las 17 comunidades autónomas e Ingesa, para el periodo 2007-2011 los datos se refieren a 16 comunidades autónomas e Ingesa.  
Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Lista de Espera en el SNS (SISLE).

### 5.3. Demora quirúrgica en cirugía programada

En los hospitales españoles del Sistema Nacional de Salud se realizaron 3,4 millones de intervenciones quirúrgicas en el año 2011, lo que supuso el 71% de las intervenciones realizadas en todos los hospitales del país. Desde el año 2004 el Sistema Nacional de Salud hace seguimiento de la demora que se produce en la cirugía programada, es decir, aquella que no tiene carácter urgente.

La serie disponible muestra una tendencia ascendente desde el año 2009 en los indicadores de la lista de espera quirúrgica, si bien hay que señalar, que en 2012 se produjo una ruptura de la serie al contabilizarse desde esa fecha los datos de las 17 comunidades autónomas y el Ingresa (anteriormente eran 16 comunidades autónomas).

A 31 de diciembre de 2012, la proporción de pacientes en lista de espera estructural (pacientes en situación de ser intervenidos quirúrgicamente de manera no urgente pero cuya espera es atribuible a los recursos disponibles y a la organización) fue de 12,8 pacientes por 1.000 habitantes lo que supuso un incremento respecto al primer semestre del mismo año de 1 punto. La cifra de pacientes que esperaron más de 6 meses se situó en 16,5% y el tiempo medio de espera fue de 100 días para el conjunto de pacientes.

**Tabla 11. Lista de espera quirúrgica en el SNS. Evolución diciembre 2004- diciembre 2012**

	Número de Pacientes	% de pacientes con espera > de 6 meses	Tiempo medio de espera (días)
Diciembre 2004	391.445	9,1	78
Diciembre 2005	385.050	9,5	83
Diciembre 2006	362.762	7,1	70
Diciembre 2007	376.242	7,4	74
Diciembre 2008	364.397	6,7	71
Diciembre 2009	372.468	5,7	67
Diciembre 2010	392.072	5,4	65
Diciembre 2011	459.885	10,0	73
Junio 2012	536.911	9,8	76
Diciembre 2012	571.395	16,5	100

Observaciones: Las comparaciones de los datos del número de pacientes de 2012 con los semestres anteriores, no puede hacerse directamente, consecuencia de la incorporación de una comunidad autónoma (Madrid).

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Listas de Espera en el SNS (SISLE).

**Tabla 12. Situación de la lista de espera quirúrgica en el SNS. Distribución por especialidades. Datos a 31 de diciembre de 2012**

Especialidades	Pacientes en espera estructural (*)	Pacientes por 1.000 hab.	% > de 6 meses	Tiempo medio de espera (días)
Cirugía Torácica	1.375	0	19,9	152
Neurocirugía	9.683	0,3	24,2	151

Cirugía Plástica	15.826	0,4	18,6	124
Traumatología	166.302	4,4	23,1	122
Angiología / Cirugía Vascular	16.481	0,4	19,6	112
<b>Total</b>	<b>571.395</b>	<b>12,9</b>	<b>16,5</b>	<b>100</b>
Cirugía Pediátrica	14.550	0,4	14,4	100
Cirugía General y de A. Digestivo	108.508	2,8	14,7	97
ORL	38.831	1,0	15,0	93
Cirugía Maxilofacial	8.296	0,2	11,5	90
Urología	39.691	1,0	12,1	86
Oftalmología	110.812	2,9	14,2	81
Cirugía Cardíaca	3.277	0,1	7,1	73
Ginecología	25.015	0,7	5,9	70
Dermatología	12.748	0,3	1,6	50

Observaciones: Datos ordenados de mayor a menor según el tiempo medio de espera. (\*) En un Servicio de Salud los datos del total de LEQ han sido estimados a partir de los procesos seleccionados / el porcentaje de más de 6 meses y tiempo medio de espera corresponden a dichos procesos.  
Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Listas de Espera en el SNS (SISLE).

**Tabla 13. Situación de la lista de espera quirúrgica en el SNS. Distribución por procesos seleccionados. Datos a 31 de diciembre de 2012**

	Pacientes en espera estructural	Pacientes por 1.000 hab.	Porcentaje de > 6 meses	Tiempo medio espera (días)
Prótesis de cadera	12.772	0,3	26,9	128
Hallux valgus	17.152	0,5	25,9	123
Varices de miembros inferiores	15.528	0,4	22,8	117
Artroscopia	21.595	0,6	23,7	116
Adenoamigdalectomía	11.274	0,3	19,4	100
Colecistectomía	14.237	0,4	17,5	99
Total de procesos seleccionados	92.558	5,2	18,0	98
Túnel carpiano	12.438	0,3	17,0	97
Cataratas	90.599	2,4	14,8	92
Hernia inguinal/crural	24.020	0,6	13,7	92
Hipertrofia benigna de próstata	5.985	0,2	15,0	90
Quiste Pilonidal	4.964	0,1	13,7	89

Observaciones: Datos ordenados de mayor a menor según el tiempo medio de espera. Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Lista de Espera en el SNS (SISLE).

Gráfico 5. Evolución de la actividad quirúrgica procedente de la lista de espera quirúrgica del SNS.



Observaciones: Los datos 2004-2011 corresponden a 15 comunidades autónomas e Ingesa, en 2012 hay una rotura de serie ya que los datos se refieren a 16 comunidades autónomas e Ingesa.

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Listas de Espera en el SNS (SISLE).

Si se analiza la opinión de los ciudadanos acerca de los criterios que se deben tener en cuenta para establecer el orden en las listas de espera quirúrgica, el criterio más citado, con el 53,8 % de respuestas, es “la repercusión que produce en la autonomía de los pacientes el problema clínico que precisa intervención quirúrgica”. Otras circunstancias se citan en proporciones semejantes, con una pequeña diferencia a favor de la consideración de “la fecha de entrada en la lista como criterio de prioridad” (36,0%).

**Tabla 14. Circunstancias para establecer el orden de la lista de espera quirúrgica**

*En pacientes con misma enfermedad y necesidad de ser operados, ¿cuáles de las siguientes circunstancias cree Ud. que se deben tener en cuenta para establecer el orden de la lista de espera quirúrgica? (Máximo 3 respuestas)*

La fecha de entrada de los pacientes en la lista de espera	36,0
Que el problema de salud del paciente le impida trabajar	34,7
Que el problema de salud del paciente repercuta en el cuidado de las personas a su cargo	33,7
Que el problema de salud repercuta en la autonomía del paciente para su propio cuidado	53,8
NS	7,8
NC	1,3

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Barómetro Sanitario, 2012.

## 6. Gasto Sanitario

### 6.1. Evolución del gasto sanitario

Según el Sistema de Cuentas de Salud, el gasto total del sistema sanitario español, entendiendo éste como la suma de los recursos asistenciales públicos y privados, ascendió en el año 2011 a 98.860 millones de euros (72.217 millones financiados por el sector público y 26.643 millones financiados por el sector privado).

<b>Tabla 15. Gasto sanitario total, público y privado. Millones de euros, estructura porcentual, porcentaje sobre el producto interior bruto (PIB) y euros por habitante</b>					
	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Millones de euros</b>					
Gasto sanitario total	89.422	97.250	100.872	100.770	98.860
Gasto sanitario público	64.253	71.028	75.378	74.773	72.217
Gasto sanitario privado	25.169	26.222	25.495	25.998	26.643
<b>Estructura porcentual</b>					
Gasto sanitario total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Gasto sanitario público	71,9	73,0	74,7	74,2	73,0
Gasto sanitario privado	28,1	27,0	25,3	25,8	27,0
<b>Porcentaje sobre PIB</b>					
Gasto sanitario total	8,5	8,9	9,6	9,6	9,3
Gasto sanitario público	6,1	6,5	7,2	7,1	6,8
Gasto sanitario privado	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5
<b>Euros por habitante</b>					
Gasto sanitario total	1.978	2.107	2.158	2.143	2.095
Gasto sanitario público	1.421	1.539	1.612	1.590	1.530
Gasto sanitario privado	557	568	545	553	565

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Cuentas de Salud, 2007-2011.

En el período 2007-2011, la participación del gasto sanitario público sobre el total del gasto sanitario aumentó 1,1 puntos porcentuales, ya que pasó de un 71,9% en 2007 a un 73% en 2011. Durante este quinquenio, la tasa media anual de crecimiento del gasto sanitario total fue de un 2,5%. Mientras que el gasto sanitario público presentó una tasa de crecimiento del 3%, el gasto privado creció de forma más suave, con una media de un 1,4%. A pesar de ello, en el 2011, los componentes del gasto sanitario se comportaron de manera opuesta. Así,

el gasto sanitario público se redujo un 3,4% al tiempo que el gasto sanitario privado se incrementó un 2,5%. De este modo, el gasto sanitario total representó un 9,3% del PIB, del cual un 6,8% fue financiado con recursos públicos y un 2,5%, con recursos privados.

En relación a la población, el gasto sanitario total aumentó de 1.978 euros por habitante en el año 2007 a 2.095 euros por habitante en 2011, lo que supone un incremento anual medio del 1,4 % en el quinquenio.

## 6.2. Gasto sanitario según función

El gasto en servicios de asistencia curativa y de rehabilitación, en el año 2011 alcanzó 56.316 millones de euros, absorbiendo más de la mitad del gasto sanitario total.

	2007	2008	2009	2010	2011
Servicios de asistencia curativa y de rehabilitación	49.130	54.372	56.067	55.873	56.316
Servicios de atención de larga duración	8.357	8.975	9.931	10.830	10.328
Servicios auxiliares de atención de la salud	4.332	4.865	5.121	5.126	5.199
Productos médicos dispensados a pacientes ambulatorios	19.114	20.396	20.973	21.155	19.910
Servicios de prevención y de salud pública	2.175	2.244	2.691	2.272	2.125
Administración de la salud y los seguros médicos	3.008	3.047	3.204	3.018	3.008
Formación de capital de instituciones proveedoras de atención de la salud	3.305	3.351	2.885	2.496	1.974
<b>Gasto sanitario total</b>	<b>89.422</b>	<b>97.250</b>	<b>100.872</b>	<b>100.770</b>	<b>98.860</b>
Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Cuentas de Salud, 2007-2011.					

En el 2011, un 57% del gasto sanitario total se destinó a servicios de asistencia curativa y de rehabilitación. Le siguen en importancia el gasto en productos médicos dispensados a pacientes ambulatorios, con un 20,1%, el gasto en servicios de atención de larga duración, con un 10,4%, y el gasto en servicios auxiliares de atención de la salud, que supuso un 5,3% del gasto sanitario total.

El peso del gasto en las principales funciones de atención de la salud durante el período 2007-2011 evolucionó de manera diferente: mientras que los gastos en servicios de asistencia curativa y de rehabilitación, en servicios de atención de larga duración y en servicios auxiliares de atención de la salud se incrementaron 2,0 puntos porcentuales, 1,1 puntos porcentuales y 0,4 puntos porcentuales, respectivamente, el gasto en productos médicos dispensados a pacientes ambulatorios bajó 1,2 puntos porcentuales.

El gasto en servicios de atención de larga duración es el que en el quinquenio 2007-2011 experimentó la mayor tasa anual media de crecimiento, cifrada en un 5,4%, seguido del gasto en servicios auxiliares, con un 4,7%, y en servicios de asistencia curativa y de rehabilitación, con un 3,5%.

En el último año disminuyó el gasto en todas las funciones de atención de la salud, excepto en servicios auxiliares y en servicios de asistencia curativa y de rehabilitación. Si no se tiene en cuenta la evolución del gasto en formación de capital de las instituciones proveedoras de atención de la salud, las diferencias se produjeron en servicios de prevención y de salud pública, en productos médicos dispensados a pacientes ambulatorios y en servicios de atención de larga duración.

### 6.3. Gasto sanitario según proveedor

Según el proveedor de atención sanitaria, el gasto de los hospitales, que en 2011 ascendió a 41.704 millones de euros, supone el mayor porcentaje del gasto sanitario total.

**Tabla 17. Gasto sanitario total según proveedor de atención de la salud (millones de euros)**

	2007	2008	2009	2010	2011
Hospitales	35.757	40.045	41.595	41.096	41.704
Establecimientos de atención medicalizada y residencial	5.277	5.590	6.335	7.125	6.324
Proveedores de atención ambulatoria	23.944	25.855	26.095	26.155	25.790
Minoristas y otros proveedores de productos médicos	19.114	20.396	20.973	21.155	19.909
Suministro y administración de programas de salud pública	925	820	1.197	796	779
Administración general de la salud y los seguros médicos	3.463	3.579	3.659	3.337	3.264
Otras ramas de actividad	938	962	1.016	1.105	1.088
Resto del mundo (*)	4	3	2	2	1
<b>Gasto sanitario total</b>	<b>89.422</b>	<b>97.250</b>	<b>100.872</b>	<b>100.770</b>	<b>98.860</b>

Observaciones: (\*) Incluye las cuotas de las Organizaciones Sanitarias Internacionales. Para Ingesa incluye algunas medicinas que, aunque no pueden venderse en España, son necesarias para tratamientos específicos.  
Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Cuentas de Salud, 2007-2011.

Concretamente, en 2011, un 42,2% del gasto sanitario total fue generado por los hospitales. El gasto de los proveedores de atención ambulatoria se sitúa en un 26,1%, el de los minoristas y otros proveedores de productos médicos, en un 20,1%, y el de los establecimientos de atención medicalizada y residencial, en un 6,4%.

La contribución del gasto de los principales proveedores de atención de la salud al gasto sanitario total fue dispar en el período 2007-2011: el gasto de los hospitales se incrementó 2,2 puntos porcentuales, el gasto de los establecimientos de atención medicalizada y residencial aumentó 0,5 puntos porcentuales, el gasto de los proveedores de atención ambulatoria se redujo 0,7 puntos porcentuales y el gasto de los minoristas y otros proveedores de productos médicos (principalmente, farmacias) disminuyó 1,2 puntos porcentuales.

En el quinquenio 2007-2011, el gasto de los establecimientos de atención medicalizada y residencial es el que tuvo la mayor tasa anual media de crecimiento, un 4,6%, seguido del gasto de los hospitales, un 3,9%, y del gasto de las otras ramas de actividad, un 3,8%.

En el último año, con la excepción de los hospitales, descendió el gasto de todos los proveedores de atención de la salud. Las principales bajadas se produjeron en los establecimientos de atención medicalizada y residencial, (11,2%), en los minoristas y otros proveedores de productos médicos, (5,9%) y en la administración general de la salud y los seguros médicos, (2,2%).

#### 6.4. Gasto sanitario según agente de financiación

El gasto sanitario de las administraciones públicas en el año 2011 se cifró en 72.217 millones de euros, contribuyendo a casi las tres cuartas partes del gasto sanitario total.

**Tabla 18. Gasto sanitario total según agente de financiación (millones de euros)**

	2007	2008	2009	2010	2011
Administraciones públicas	64.253	71.028	75.378	74.773	72.217
Administración central	623	609	918	550	508
Administraciones regionales	58.048	64.493	68.537	68.522	66.066
Administraciones locales	1.079	1.154	1.277	1.008	976

Administraciones de seguridad social	4.502	4.772	4.645	4.692	4.668
Sector privado	25.169	26.222	25.495	25.998	26.643
Empresas de seguro privadas	5.619	5.632	5.752	5.404	5.490
Pagos directos de los hogares	18.285	19.729	19.081	19.936	20.417
Instituciones sin fines de lucro al servicio de los hogares <sup>a</sup>	619	341	374	406	373
Sociedades (excepto seguros médicos) <sup>b</sup>	646	520	287	252	363
<b>Gasto sanitario total</b>	<b>89.422</b>	<b>97.250</b>	<b>100.872</b>	<b>100.770</b>	<b>98.860</b>

Observaciones: a La serie presenta una ruptura en el año 2008 por cambio de base en la Contabilidad Nacional de España. b Únicamente incluye gastos de capital.

Fuente: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Cuentas de Salud, 2007-2011.

Desde 2009, año en que finalizó la tendencia alcista que venía experimentando históricamente el gasto sanitario, el gasto de las administraciones públicas disminuyó un 4,2%, lo que traduce el efecto de las medidas extraordinarias para la reducción del déficit público adoptadas a partir de mayo de 2010 a consecuencia de la crisis económica. De hecho, entre los mayores descensos del gasto sanitario público, cabe destacar el de los productos farmacéuticos y otros productos médicos perecederos, que, desde el año 2009, cayó un 8,9%.

En relación con el gasto privado, son los hogares los que aportaron una mayor contribución a la financiación, con una participación del 76,6%. Un 45,8% de los “gastos de bolsillo” de los hogares en sanidad se destinó a servicios de asistencia curativa y de rehabilitación; un 36,5%, a productos médicos dispensados a pacientes ambulatorios; un 17,2%, a servicios de atención de larga duración; y un 0,5%, a servicios auxiliares de atención de la salud.

## **7. Aportación de técnicas para mejorar la eficiencia de los recursos**

Según se desprende de las informaciones anteriores, así como de las previsiones procedentes de las reestructuraciones que se están llevando a cabo, resulta difícil pensar que la población española va a volver a disfrutar de los recursos y servicios de los que se ha podido beneficiar hasta el inicio de la crisis. A esta consideración se añade el hecho de que esta población que ha contribuido a la construcción del actual sistema de salud no está dispuesta a ver mermada la calidad asistencial ni a renunciar a los beneficios alcanzados.

En este sentido, uno de los aspectos en los que sí es posible obtener una mayor eficiencia es en el diagnóstico precoz de enfermedades. En este sentido la actuación a nivel de la atención primaria resulta fundamental. Del

buen criterio de la medicina familiar y pediatría se puede beneficiar toda la población usuaria de los servicios de salud, pero también puede constituir un notable ahorro al Sistema Nacional de Salud.

Para llevar a la práctica la posibilidad de mejorar el diagnóstico precoz es preciso desarrollar técnicas de computación y tratamiento de información. Con ello los afectados no sólo van a tener una mayor esperanza de vida sino también van a ganar en calidad, a la vez que ahorrar recursos a las finanzas públicas. El proceso radica en un exhaustivo estudio de los protocolos habituales para la detección de enfermedades, haciendo hincapié en aquellas que no son especialmente habituales o aquellas que desarrollan una sintomatología variada. Asimismo se precisa un estudio de campo en torno a cómo es en realidad la vida de los pacientes y los obstáculos que encuentran en el periplo del proceso de diagnóstico.

A partir de estas informaciones, se procede a mejorar estos protocolos en aras a reducir los tiempos en la detección precoz y poder iniciar los correspondientes tratamientos, cuando los haya, lo antes posible. Ello va a desarrollarse mediante la aplicación de técnicas computacionales basadas en la hibridación de sistemas de información que compaginan el tratamiento numérico y el no numérico. La idea que subyace radica en permitir desarrollar sencillos programas que podrán utilizar a modo de apoyo fácil y cómodamente aquellos facultativos que tratan, en primera instancia, a los pacientes. Poder detectar y derivar adecuada y eficientemente a los enfermos resulta una prioridad en la sociedad del bienestar en la que nos hallamos.

Por otro lado se trata, paralelamente, el otro gran objetivo que es el ahorro que representa para la sanidad pública, el diagnóstico precoz de las enfermedades, con la reducción de costes correspondiente a todos los niveles. En algunos aspectos, la reducción de costes tiene un impacto directo, en otros, la repercusión es indirecta.

## 8. Conclusiones

El beneficio de la detección precoz de enfermedades en la atención primaria provoca beneficios indudables a los usuarios, pero también ahorra costes directos o indirectos a diferentes agentes institucionales. En este sentido se pueden señalar principalmente, aunque no exclusivamente los siguientes:

1. En la Sanidad Pública con la incorporación de nuevos tests o protocolos aprovechando nuevas tecnologías de la información cuyo coste sea nulo o residual; la reducción de ingresos y/o estancias hospitalarias, debido a la eficiencia en el diagnóstico; la reducción en el número de consultas médicas, eliminando duplicidades o vaivenes repetitivos entre especialistas; la reducción del número de pruebas diagnósticas al suprimir duplicidades y repeticiones debidas a la demora en el diagnóstico; con una buena diagnosis por la que los afectados, en lugar de hallarse en la categoría de clases pasivas, pueden seguir siendo contribuyentes netos del sistema.
2. En los costes laborales con la correcta utilización de los seguros médicos y reducción de costes para las mutuas laborales; la reducción del coste por las bajas laborales debidas a visitas reiteradas a los facultativos, disminución de pruebas diagnósticas y mejora de la salud, por tanto de la productividad a nivel social.
3. En bienestar con la mejora en las condiciones de vida de los afectados (cuanto antes se detectan y se tratan las enfermedades mejor pronóstico y en mejores condiciones viven los pacientes); la reducción de costes personales y familiares por tratamientos, terapias, pruebas diagnósticas a veces incómodas y dolorosas, etc.; la reducción de costes de dependencia.

## 9. Referencias

1. C. Q. Edwards, L. M. Griffen, D. Goldgar et al., "Blood-donors", *New England Journal of Medicine*, vol. 318, no. 21, pp. 1355-1362, 1988.
2. A. M. Gil Lafuente and J. Gil Aluja, "Nouvelles perspectives de la recherche scientifique en économie et de gestion (in French)", Editorial Reial Acadèmia de Doctors, Barcelona, 2005.
3. A. Kaufmann and J. Gil Aluja, "Modelos para la investigación de efectos olvidados", Editorial Milladoiro, Vigo, 1988.
4. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Cuentas de Salud, 2007-2011.
5. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Barómetro Sanitario, 2012.
6. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Lista de Espera en el SNS.
7. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Barómetro Sanitario, 2008-2012 (2013).
8. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e igualdad. Registro de Altas-CMBD de los hospitales de agudos del Sistema Nacional de Salud, 2010.
9. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Atención Especializada (SIAE).
10. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Sistema de Información de Atención Primaria (SIAP).
11. Instituto Nacional de Estadística. Defunciones según causa, 2011.
12. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad e Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Salud de España, 2011/2012.
13. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Esperanzas de vida en salud en España 2007-2011.

# PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA: APLICACIÓN DEL ALGORITMO DE RAMIFICACIÓN ACOTAMIENTO PARA LA RESOLUCIÓN DE UN CASO PRÁCTICO DE PRODUCCIÓN DE BATES DE BÉISBOL

**Samuel Hidalgo Orellana**

Instituto Tecnológico de Ensenada  
shidalgo@ite.edu.mx

## **Resumen**

El presente trabajo muestra la forma en que se aplica uno de los algoritmos más utilizados para resolver problemas de programación lineal entera de pequeña y mediana instancia. De igual forma se prueba la solución del problema caso utilizando el complemento de Excel y el programa lindo, para desarrollar los cálculos que permitan resolver el conjunto de sub-problemas que se generan al tomar cotas inferior y superior de algunas variables no enteras que se ha seleccionado, de tal forma que permita construir el árbol de ramificación con sus bifurcaciones correspondientes y resolver el problema caso para encontrar la solución final y que esta sea entera en todas sus variables.

Se parte de un caso práctico llamado American Sporting Equipment II elaborado por Lapin (1996) y que fue tomado del libro Cases in Management Science de la editorial Duxbury Press.

## **Palabras clave:**

Modelo de programación lineal, algoritmo, ramificación y acotamiento, relajación de programación lineal, árbol de decisiones, problema no acotado, Excel, lindo.

## **Introducción**

De acuerdo a Sierksma y Zwols (2015) Un modelo de optimización lineal entero es un modelo de optimización lineal en que las variables de decisión están restringidas a valores enteros. La razón para que los modelos tengan esta configuración, es que muchos problemas prácticos requieren que las variables del modelo sean enteras. Resolver un modelo de optimización lineal entero es de forma usual mucho más complicado que un modelo de programación lineal, debido a que las técnicas de solución requieren una gran cantidad de cálculos por computadora. Cuando sea posible, es preferible evitar los problemas con variables enteras. Taha (2004).

Una de las técnicas de solución más utilizadas para resolver problemas de programación lineal entera es el algoritmo denominado el algoritmo de ramificación y acotamiento: el procedimiento de solución consiste en conformar un «árbol» de variables (no enteras) para dirigirnos a encontrar la solución entera del modelo de optimización lineal entero. El algoritmo de ramificación y acotamiento puede aplicarse para resolver distintos problemas, por ejemplo: el problema de la mochila, el problema de calendarización de máquinas, calendarización de horarios de clase, el problema del agente viajero, y el problema de descentralización, entre

otros. Otro de los algoritmos que se utilizan para problemas con variables enteras es el algoritmo de planos de corte desarrollado por Ralph E. Gomory (nacido en 1929) para resolver problemas de optimización lineal entera mixta, en que algunas de las variables de decisión están restringidas a valores enteros y otras a valores arbitrarios, continuos o libres, según sea el caso. De igual forma, existen variantes de los algoritmos de programación lineal entera y que están en función del tipo de modelo que se desea resolver.

### **Modelos de programación entera**

En general, la forma estándar de un modelo de programación lineal entero es:

$$\max\{c^T x \mid Ax \leq b, x \geq 0, x \text{ entera}\}$$

Donde  $x, c \in R^n, b \in R^m$ , y  $A$  es una  $(m, n)$  – matriz. La expresión « $x$  entera» establece que el vector  $x$  debe ser entero; esta restricción también es llamada restricción de integridad. Un punto entero es un punto que corresponde a un vector que tiene valores de entrada enteros.

Un modelo de optimización lineal donde se han ignorado las restricciones de integridad se denomina modelo de optimización relajado. En general un modelo de optimización matemática donde se omiten una o más restricciones de integridad se denomina modelo relajado de programación lineal. Entonces, un modelo de optimización lineal relajado (usualmente) tiene una región factible de mayor escala que contiene al modelo de optimización entero, esto es:

$$\max\{c^T x \mid Ax \leq b, x \geq 0\} \geq \max\{c^T x \mid Ax \leq b, x \geq 0, x \text{ entera}\}$$

### **Procedimiento de redondeo**

Al resolver un modelo de optimización entero, se puede ignorar la integridad de las variables utilizando el algoritmo simplex para obtener la solución relajada del problema. Recordando, sin embargo, que los vértices de la región factible del problema de optimización lineal por lo general no son puntos enteros. Algunas veces, el redondeo puede conducir a una solución satisfactoria del modelo de optimización entero, sin embargo, el redondeo también puede conducirnos a una solución que está muy alejada a la solución óptima del problema, y en algunos casos obtener un punto que no forma parte de la región de factibilidad.

### **El algoritmo de ramificación y acotamiento (The Branch and Bound)**

El algoritmo de ramificación y acotamiento es en la práctica el método ampliamente más utilizado para resolver modelos de optimización con variables enteras. Básicamente, el algoritmo resuelve un modelo mediante la acotación de su región de factibilidad en regiones cada vez más pequeñas (*ramas*), calculando los límites en el valor de la función objetivo en cada uno de los sub-problemas (*acotamiento*), y utilizarlos para descartar algún sub-modelo de mayor consideración.

Los límites se obtienen mediante la sustitución de los sub-modelos actuales por un modelo más fácil de trabajar (*relajación*), de tal forma que la solución de este último produzca una cota para la primera. El procedimiento termina cuando el sub-modelo, o bien, ha producido una solución infactible, o si se ha demostrado que este no contiene una mejor solución que una que previamente se ha obtenido. La mejor solución será aquella que se encuentre durante el procedimiento y será óptima, o, en su caso, con óptimos múltiples, no acotada o infactible.

### **El árbol de ramificación y acotamiento (Problema de maximización)**

En primer paso del algoritmo de ramificación y acotamiento, es resolver el problema de optimización lineal entero sin considerar las condiciones integridad de las variables (problema relajado).

El valor de la solución óptima objetivo del problema relajado será una cota superior del valor objetivo óptimo del problema de optimización lineal entero. Si la solución relajada del problema lineal es entera, entonces la solución relajada del problema de optimización lineal será la solución óptima del problema de optimización entero. Si no, entonces la región factible de la relajación del problema lineal se bifurca o particiona en dos subregiones, o dan origen a dos nuevos sub-modelos. Este procedimiento es denominado ramificación.

### **Explicación general del algoritmo de ramificación y acotamiento**

El algoritmo comienza mediante la construcción del modelo relajado del problema de optimización entero a resolver. El modelo relajado servirá para elaborar el primer nodo de la rama del árbol. A medida que el algoritmo progresa, se agregan nuevos nodos del árbol. Estos nuevos nodos siempre se agregan o añaden bajo los nodos existentes, por ejemplo, un nuevo nodo  $M_j$  es agregado, un nuevo arco desde un nodo existente  $S^k$  para  $M_j$  (así, tenemos que  $j > k$ ). El nuevo nodo  $M_j$  es llamado entonces sub-nodo de  $S^k$ . El algoritmo realiza una búsqueda de límite superior e inferior del valor objetivo  $z^*$  del modelo original de optimización lineal entera.

Ahora, distinguiremos las fases del proceso iterativo del algoritmo de ramificación y acotamiento

*Fase de selección del nodo.* Seleccione un nodo  $S^k$  ( $k > 1$ ) del árbol de ramificación y acotamiento que no haya sido seleccionado hasta ahora. En general existe una variedad de reglas para seleccionar el nodo. A continuación mencionaremos tres posibilidades.

*Backtracking* (retroceso o vuelta hacia atrás). Este método proporciona una manera sistemática de generar todas las posibles soluciones siempre que dichas soluciones sean susceptibles de resolverse en etapas. Este es un procedimiento donde la ramificación se realiza en el nodo no seleccionado de más reciente creación del árbol de ramificación y acotamiento.

*LIFO search procedure* (Last-in-first-out search procedure). Produce una búsqueda en profundidad o a primer oportunidad o regla de la cota más reciente, y permite resolver el problema de forma descendiente (minimización) o creciente (maximización) forma eficiente

*FIFO search procedure* (first-in first-out-search procedure). Primer alcance o regla de la menor cota. Proceso de ramificación en el nodo no seleccionado creado de forma más temprana.

*Jumptracking*. Aquí, la ramificación se realiza en la rama del árbol en el mejor valor (finito) del valor objetivo. *Jumptracking* es una forma mejorada de realizar un procedimiento de búsqueda.

### **El Algoritmo de ramificación y acotamiento.**

De acuerdo a Chen, D., Batson, R., Dan, Y. (2010), sea:

$S$  = el problema entero dado.

$S_{LP}$  = La relajación de  $S$

$Y_{LP}$  = La solución del problema lineal relajado del problema entero dado

$\bar{z}$  = Mínima (mejor)cota superior en  $z^*$  del problema entero dado

$\underline{z}$  = Máxima (mejor)cota inferior en  $z^*$  del problema entero dado

Estas son las cotas globales que se encuentran a medida que los beneficios de la ramificación que se realiza hacia abajo del árbol. Sea

$S^k$  = subproblema  $k$  del problema  $S$

$S_{LP}^k$  = La relajación del problema de optimización lineal del subproblema  $k$

$z^k$  = El valor óptimo objetivo de  $S^k$

$\bar{z}^k$  = mejor (más baja) cota superior del subproblema  $S^k$  (mostrado anteriormente como nodo  $k$ )

$\underline{z}^k$  = mejor (más alta)cota inferior del subproblema  $S^k$  (mostrado posteriormente como nodo  $k$ )

$y_{LP}^k$  = la solución óptima del problema de optimización lineal del subproblema  $S_{LP}^k$

$\bar{y}_j$  = valor no entero de la variable  $y_j$  (valor numérico actual de  $y_j$ )

$\lfloor a \rfloor$  = el mayor entero  $\leq a$  (o redondeando hacia abajo de  $a$ )

$\lceil a \rceil$  = el menor entero  $\geq a$  (o redondeando hacia arriba de  $a$ )

Ahora, formalmente describiremos el algoritmo de ramificación y acotamiento

*Paso 0 (inicio).* Resuelva la relajación de programación lineal ( $S_{LP}$ ) del problema entero (S). Si este es infactible, entonces alto. El problema termina. Si la solución óptima satisface los requerimientos de integridad en las variables, se ha resuelto el problema entero. Otro caso, iniciar con la mejor cota superior ( $\bar{z}$ ) y la mejor cota inferior ( $\underline{z}$ ) del valor objetivo del problema  $S_{LP}$  (relajación). Sitúe  $S_{LP}^k$  en la lista de nodos activos (sub-problemas).

Al inicio, no existen soluciones candidatas o incumbentes.

*Paso 1 (seleccionado el nodo).* Si la lista es vacía, alto. La solución incumbente  $y^*$  es óptima. Otro caso, seleccione un nodo (subproblema)  $S^k$  con  $S_{LP}^k$  utilizando algunas de las reglas (FIFO, LIFO, etc.)

*Paso 2 (Actualización del límite superior).* Resuelva  $\bar{z}^k$  de forma similar al problema de optimización lineal. Guardar (almacenar) la solución óptima de  $y_{LP}^k$ .

*Paso 3 (reducción de la infactibilidad).* Si  $S_{LP}^k$  no tiene soluciones factibles, trunque el nodo actual y vaya al paso 1. Otro caso, vaya al paso 4.

*Paso 4 (reducción de la cota).* Si  $z^k \leq \underline{z}$ , trunque el nodo actual y vaya al paso 1. Otro caso, vaya al paso 5.

*Paso 5 (Actualizando el límite inferior y la reducción de la optimalidad).*

- a) Si la solución óptima de  $y_{LP}^k$  es entera, una solución factible de S es encontrada, una solución incumbente (candidata) corresponde al problema. Sea  $\underline{z}^k = y_{LP}^k$  y compare  $\underline{z}^k$  con  $\underline{z}$ . Si  $\underline{z}^k > \underline{z}$ , el conjunto  $\underline{z} = \underline{z}^k$ , otro caso  $\underline{z}$  no cambia. El nodo actual se reduce debido a que no hay mejor solución que pueda ser ramificada desde este nodo. Vaya paso 1.
- b) Si la solución óptima de  $y_{LP}^k$  es no entera, vaya al paso 6.

*Paso 6 (Ramificación).* Del actual nodo  $S^k$  seleccione una variable  $y_j$  con valor fraccionario que genere dos sub-problemas  $S_1^k$  y  $S_2^k$  definidos mediante:

$$S_1^k = S^k \cap \{y: y_j \leq \lfloor \bar{y}_j \rfloor\}$$

$$S_2^k = S^k \cap \{y: y_j \geq \lceil \bar{y}_j \rceil\}$$

Coloque ambos nodos en la lista activa y vaya al paso 1.

## El problema

De acuerdo a Hammond, Keeney y Raiffa (2002): *La manera como se exprese el problema enmarca la decisión, determina las alternativas que hay que considerar y la manera como se deben evaluar. Plantear el problema correctamente impulsa todo lo demás.*

### El caso de American Sporting Equipment II. Lapin (1996)

American Sporting Equipment es una de las empresas fabricantes de bates de béisbol para jugadores profesionales más grandes de los Estados Unidos.

Los bates están son fabricados con bloques de cuatro por cuatro pulgadas con madera de la más alta calidad. El dueño de la compañía ha delegado en su hija Russel Davis la responsabilidad en la operación y en los proceso de manufactura.

Entre los materiales necesarios para el proceso de producción, y que son abundantes y pueden ser obtenidos sin restricción.

De igual forma existe un conjunto de limitantes o restricciones en los recursos disponibles como la madera, los equipos y las necesidades laborales para realizar el proceso. Otros costos no mostrados en la tabla 1 son de \$2 por bate, sin importar el tamaño del bate. Para el mes de abril los costos adicionales son de \$3 por bate, sin importar el tamaño del bate.

Los datos mostrados a continuación para la planeación de la producción de marzo y abril se muestran en las tablas 1 y 2 y se indican a continuación:

Tabla No. 1	Marzo datos para Bates de Béisbol						Cantidad Disponible (pulgadas)	Costos
	Largo de los bates (pulgadas)							
	30	32	34	36	38	40		
Materia prima								
<b>Madera</b>	30	32	34	36	38	40	10,000	\$0.08 por pulgada
	Recursos usados para el proceso de producción de bates						Cantidad disponible	
Tiempo en el torno	10	10	11	11	12	12	5,000 minutos	\$0.05 por minuto
Tiempo en el acabado	25	27	29	31	33	35	8,000 minutos	\$0.02 por minuto
Tiempo de cura	1	1	1	1	1	1	500 horas	\$0.50 por hora
Tiempo en el molido	2	2	2	3	3	3	1,000 minutos	\$0.30 por minuto
Revestimiento	5	5	6	6	7	7	2,000 minutos	\$0.25 por minuto
Precio de venta	\$21	\$21	\$22	\$22	\$25	\$25		

Utilidad neta (Precio de venta-costos totales)	13.25	13.05	13.55	13.05	15.55	15.35		
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	--

Tabla No. 2	Abril datos para Bates de Béisbol							
	Largo de los bates (pulgadas)							
	30	32	34	36	38	40	Cantidad Disponible (pulgadas)	Costos
Materia prima								
Madera	30	32	34	36	38	40	12,000	\$0.12 por pulgada
	Recursos usados para el proceso de producción de bates						Cantidad disponible	
Tiempo en el torno	10	10	11	11	12	12	6,000 minutos	\$0.06 por minuto
Tiempo en el acabado	25	27	29	31	33	35	7,000 minutos	\$0.03 por minuto
Tiempo de cura	1	1	1	1	1	1	1,000 horas	\$0.50 por hora
Tiempo en el molido	2	2	2	3	3	3	1,500 minutos	\$0.25 por minuto
Revestimiento	5	5	6	6	7	7	3,000 minutos	\$0.20 por minuto
Precio de venta	\$22	\$22	\$24	\$24	\$28	\$28		
Utilidad neta (Precio de venta -costos totales)	12.05	11.75	13.19	12.64	15.48	15.18		

Las restricciones adicionales del sistema son:

1. El número de bates de 34" no pueden exceder el total combinado de bates de los modelos de 30" y 32".
2. El número de bates de 38" no puede exceder el combinado total de los modelos de 32" y 34".
3. El número de bates de 30" debe ser menor o igual al número total de los de 36" y 38". Se aplican los siguientes costos:

Otros costos directos son \$2 por bate, sin importar el y tamaño. Los precios de venta de los modelos de 34" y 36", y \$25 para los modelos de 38" y 40", se muestran en las tablas 1 y 2.

Si bien la programación lineal ha mostrado su eficiencia en la operación, en esta ocasión deseamos ampliar la visión mediante la utilización de la programación lineal entera, de tal forma que se obtenga una nueva solución con valores enteros y no continuos para la producción de los distintos tipos de bates de béisbol para los meses de marzo y abril.

### El modelo de programación lineal entero:

Construcción del modelo de programación lineal entero. Producción para marzo. El modelo de programación lineal entero para la producción de abril no se resuelve, dejando a los interesados el resolver este punto como parte de un proceso de aprendizaje o de enseñanza de esta técnica de la investigación de operaciones. Entonces, para la producción de marzo, se tiene la siguiente formulación:

Sea

Variable	Descripción	Utilidad neta por tipo de bate (\$)
$x_{30}$	Número de unidades a producir del modelo de 30 pulgas	13.25
$x_{32}$	Número de unidades a producir del modelo de 32 pulgas	13.05
$x_{34}$	Número de unidades a producir del modelo de 34 pulgas	13.55
$x_{36}$	Número de unidades a producir del modelo de 36 pulgas	13.05
$x_{38}$	Número de unidades a producir del modelo de 38 pulgas	15.55
$x_{40}$	Número de unidades a producir del modelo de 40 pulgas	15.35

### Función objetivo (criterio): (Problema S)

$$MaxZ = 13.25x_{30} + 13.05x_{32} + 13.55x_{34} + 13.05x_{36} + 15.55x_{38} + 15.35x_{40}$$

### Restricciones del sistema

$30x_{30}$	$+32x_{32}$	$+34x_{34}$	$+36x_{36}$	$+38x_{38}$	$+40x_{40}$	$\leq 10,000$	Madera (pulgadas)
$10x_{30}$	$+10x_{32}$	$+11x_{34}$	$+11x_{36}$	$+12x_{38}$	$+12x_{40}$	$\leq 5,000$	Tiempo en torno (minutos)
$25x_{30}$	$+27x_{32}$	$+29x_{34}$	$+31x_{36}$	$+33x_{38}$	$+35x_{40}$	$\leq 8,000$	Tiempo en acabado (minutos)
$x_{30}$	$+x_{32}$	$+x_{34}$	$+x_{36}$	$+x_{38}$	$+x_{40}$	$\leq 500$	Tiempo de cura (horas)
$2x_{30}$	$+2x_{32}$	$+2x_{34}$	$+3x_{36}$	$+3x_{38}$	$+3x_{40}$	$\leq 1,000$	Tiempo en molido (minutos)
$5x_{30}$	$+5x_{32}$	$+6x_{34}$	$+6x_{36}$	$+7x_{38}$	$+7x_{40}$	$\leq 2,000$	Tiempo en revestimiento (minutos)
$-x_{30}$	$-x_{32}$	$+x_{34}$				$\leq 0$	Restricción adicional 1
	$-x_{32}$	$-x_{34}$		$+x_{38}$		$\leq 0$	Restricción adicional 2
$x_{30}$			$-x_{36}$	$-x_{38}$		$\leq 0$	Restricción adicional 3

Donde todas las variables son  $\geq 0$  y enteras

La solución del problema mediante la programación lineal entera, sea:

$S_{LP}$  = La relajación de S

**Nivel 0 (Relajación)**

Solución relajada de programación lineal ( $Y_{LP}$ )			Solución del problema entero puro
Variable	Valor	Valor redondeado (es óptimo)	Solución óptima $\max\{c^T x   Ax \leq b, x \geq 0, x \text{ entera}\}$
$X_{30}$ = (bates de 30 pulgadas)	94.11765	94	94.0000
$X_{32}$ = (bates de 30 pulgadas)	94.11765	94	89.0000
$X_{34}$ = (bates de 30 pulgadas)	0	0	5.0000
$X_{36}$ = (bates de 30 pulgadas)	0	0	0.0000
$X_{38}$ = (bates de 30 pulgadas)	94.11765	94	94.0000
$X_{40}$ = (bates de 30 pulgadas)	0	0	0.0000
<b>Utilidad Total (miles)</b>	<b>\$3,938.82</b>	<b>\$3,933.90</b>	<b>\$3,936.40</b>

$\bar{z}$  = Mínima (mejor) cota superior en  $z^*$  del problema entero dado

$\underline{z}$  = Máxima (mejor) cota inferior en  $z^*$  del problema entero dado

Restricción adicional	Tipo de solución	Valor de la solución (Objetivo)	Valor de la variable (Cantidad de bates del tamaño)					
			$X_{30}'$	$X_{32}'$	$X_{34}'$	$X_{36}'$	$X_{38}'$	$X_{40}'$

**Nivel 1** ( $S^k$  = subproblema  $k$  del problema S,  $k = 1$ )

$S_{LP}^k$  = La relajación del problema de optimización lineal del subproblema  $k$ ,  $k = 1$

$z^k$  = El valor óptimo objetivo de  $S^k$ ,  $k = 1$

$X_{30} \leq 94$	No entera	3,938.730	94.000	94.370	0.000	0.000	94.000	0.000
$X_{30} \geq 95$	Sub óptima	3,935.530	95.000	92.410	0.000	2.590	92.410	0.000

**Nivel 2** (para  $K=2$ )

$X_{32} \leq 94$	No entera	3,938.590	94.000	94.000	0.160	0.000	94.160	0.000
$X_{32} \geq 95$	No entera	3,938.510	93.710	95.000	0.000	0.000	93.710	0.000

**Nivel 3** ( $k=3$ )

$x_{34} = 0$	No entera	3,938.290	94.000	94.000	0.000	0.000	94.000	0.290
$X_{34} \geq 1$	No entera	3,938.270	94.000	93.300	1.000	0.000	94.000	0.000
$X_{30} \leq 93$	No entera	3,937.970	93.000	96.520	0.000	0.000	93.000	0.000
$X_{30} \geq 94$	Sub óptima	3,925.700	94.000	95.000	0.000	8.500	85.500	0.000

Restricción adicional	Tipo de solución	Valor de la solución (Objetivo)	Valor de la variable (Cantidad de bates del tamaño)					
			X30'	X32'	X34'	X36'	X38'	X40'

**Nivel 4** (k=4)

X40=0	No entera	3,938.110	94.000	94.000	0.000	0.320	94.000	0.000
X40>= 1	No entera	3,936.940	93.710	93.710	0.000	0.000	93.710	1.000
X32<= 93	No entera	3,938.160	94.000	93.000	1.130	0.000	94.130	0.000
X32>= 94	No entera	3,938.020	93.670	94.000	1.000	0.000	93.670	0.000
X32<= 96	No entera	3,937.800	93.000	96.000	0.000	0.000	93.420	0.000
X32>= 97	No entera	3,937.800	92.780	97.000	0.000	0.000	92.780	0.000

**Nivel 5** (k=5)

X36=0	Entera	3,933.900	94.000	94.000	0.000	0.000	94.000	0.000
X36>= 1	No entera	3,937.060	94.000	94.000	0.000	1.000	93.360	0.000
X30<= 93	Entera	3,936.000	93.000	94.000	0.000	0.000	94.000	1.000
X30>= 94	Sub óptima	3,935.850	94.000	93.140	0.000	0.860	93.140	1.000
X34<= 1	No entera	3,937.910	94.000	93.000	1.000	0.000	94.000	0.230
X34>= 2	No entera	3,937.800	94.000	92.220	2.000	0.000	94.000	0.000
X30<= 93	No entera	3,937.030	93.000	94.000	1.000	0.000	94.180	0.000
X30>= 94	Sub óptima	3,923.700	94.000	94.000	1.000	9.500	84.500	0.000
X38<= 93	No entera	3,937.740	93.000	96.000	0.480	0.000	93.000	0.000
X38>= 94	No entera	3,937.570	93.000	95.300	0.000	0.000	94.000	0.000
X30<= 92	No entera	3,937.200	92.000	98.670	0.000	0.000	92.000	0.000
X30>= 93	Sub óptima	3,928.000	93.000	97.000	0.000	6.500	86.500	0.000

**Nivel 6** (k=6)

X38<= 93	No entera	3,936.450	94.000	94.000	0.000	1.390	93.000	0.000
X38>= 94	No entera	3,935.820	93.160	94.000	0.000	1.000	94.000	0.000
X40=0	No entera	3,937.770	94.000	93.000	1.000	0.260	94.000	0.000
X40>= 1	No entera	3,936.460	93.680	92.680	1.000	0.000	93.680	1.000
X32<= 92	No entera	3,937.720	94.000	92.000	2.100	0.000	94.100	0.000
X32>= 93	No entera	3,937.520	93.640	93.000	2.000	0.000	93.640	0.000
X38<= 94	No entera	3,937.000	93.000	94.000	1.210	0.000	94.000	0.000
X38>= 95	Sub óptima	3,935.440	91.920	94.000	1.000	0.000	95.000	0.000
X34=0	No entera	3,937.340	93.000	96.000	0.000	0.000	93.000	0.400
X34>= 1	No entera	3,937.500	93.000	95.440	1.000	0.000	93.000	0.000
X32<= 95	No entera	3,937.470	93.000	95.000	0.000	0.000	94.240	0.000

X <sub>32</sub> >= 96	No entera	3.936.680	92.240	96.000	0.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>32</sub> <= 98	No entera	3.936.980	92.000	98.000	0.000	0.000	92.550	0.000
X <sub>32</sub> >= 99	No entera	3.937.080	91.840	99.000	0.000	0.000	91.840	0.000

**Nivel 7 (k=7)**

X <sub>36</sub> <= 1	Sub óptima	3.931.400	94.000	94.000	0.000	1.000	93.000	0.000
X <sub>36</sub> >= 2	No entera	3.935.500	94.000	94.000	0.000	2.000	92.420	0.000
X <sub>30</sub> <= 93	No entera	3.935.380	93.000	94.000	0.000	1.130	94.000	0.000
X <sub>30</sub> >= 94	Infactible							
X <sub>36</sub> =0	Sub óptima	3.934.400	94.000	93.000	1.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>36</sub> >= 1	No entera	3.936.610	94.000	93.000	1.000	1.000	93.300	0.000
X <sub>30</sub> <= 93	Sub óptima	3.935.560	93.000	93.000	1.000	0.000	93.940	1.000
X <sub>30</sub> >= 94	Sub óptima	3.935.270	94.000	92.070	1.000	0.930	93.070	1.000
X <sub>34</sub> <= 2	No entera	3.937.530	94.000	92.000	2.000	0.000	94.000	0.170
X <sub>34</sub> >= 3	No entera	3.937.330	94.000	91.150	3.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>30</sub> <= 93	No entera	3.936.590	93.000	93.000	2.000	0.000	94.120	0.000
X <sub>30</sub> >= 94	Sub óptima	3.921.700	94.000	93.000	2.000	10.500	83.500	0.000
X <sub>34</sub> <= 1	No entera	3.936.830	93.000	94.000	1.000	0.000	94.000	0.170
X <sub>34</sub> >= 2	No entera	3.936.910	93.000	94.000	2.000	0.000	93.300	0.000
X <sub>40</sub> =0	No entera	3.937.090	93.000	96.000	0.000	0.450	93.000	0.000
X <sub>40</sub> >= 1	No entera	3.936.400	93.000	95.220	0.000	0.000	93.000	1.000
X <sub>32</sub> <= 95	No entera	3.937.310	93.000	95.000	1.410	0.000	93.000	0.000
X <sub>32</sub> >= 96	No entera	3.937.300	92.740	96.000	1.000	0.000	92.740	0.000
X <sub>38</sub> <= 94	No entera	3.937.440	93.000	95.000	0.280	0.000	94.000	0.000
X <sub>38</sub> >= 95	Sub óptima	3.936.000	92.000	95.000	0.000	0.000	95.000	0.000
X <sub>30</sub> <= 92	Sub óptima	3.936.330	92.000	96.000	0.000	0.000	94.180	0.000
X <sub>30</sub> >= 93	Infactible							
X <sub>38</sub> <= 92	No entera	3.936.910	92.000	98.000	0.620	0.000	92.000	0.000
X <sub>38</sub> >= 93	No entera	3.936.800	92.000	97.440	0.000	0.000	93.000	0.000
X <sub>30</sub> <= 91	No entera	3.936.430	91.000	100.810	0.000	0.000	91.000	0.000
X <sub>30</sub> >= 92	Sub óptima	3.930.300	92.000	99.000	0.000	4.500	87.500	0.000

Restricción adicional	Tipo de solución	Valor de la solución (Objetivo)	Valor de la variable (Cantidad de bates del tamaño)					
			X <sub>30</sub> '	X <sub>32</sub> '	X <sub>34</sub> '	X <sub>36</sub> '	X <sub>38</sub> '	X <sub>40</sub> '

**Nivel 8 (k=8)**

X <sub>38</sub> <= 92	No entera	3.934.790	94.000	94.000	0.000	2.450	92.000	0.000
X <sub>38</sub> >= 93	No entera	3.935.270	94.000	93.300	0.000	2.000	93.000	0.000
X <sub>36</sub> <= 1	Sub óptima	3.933.700	93.000	94.000	0.000	1.000	94.000	0.000

X36 >= 2	Sub óptima	3,932.440	91.920	94.000	0.000	2.000	94.000	0.000
X38 <= 93	No entera	3,936.110	94.000	93.000	1.000	1,320	93.000	0.000
X38 >= 94	Sub óptima	3,935.260	93.080	93.000	1.000	1.000	94.000	0.000
X40 = 0	No entera	3,937.430	94.000	92.000	2.000	0,190	94.000	0.000
X40 >= 1	Sub óptima	3,935.970	93.660	91.660	2.000	0.000	93,660	1.000
X32 <= 91	No entera	3,937.280	94.000	91.000	3,060	0.000	94,060	0.000
X32 >= 92	No entera	3,937.030	93,600	92.000	3.000	0.000	93,600	0.000
X38 <= 94	No entera	3,936.570	93.000	93.000	2,140	0.000	94.000	0.000
X38 >= 95	Sub óptima	3,934.880	91.840	93.000	2.000	0.000	95.000	0.000
X40 = 0	No entera	3,936.730	93.000	94.000	1.000	0,190	94.000	0.000
X40 >= 1	Sub óptima	3,935.890	93.000	94.000	1.000	0.000	93,120	1.000
X38 <= 93	No entera	3,936.870	93.000	94.000	2,340	0.000	93.000	0.000
X38 >= 94	Sub óptima	3,935.560	92.080	94.000	2.000	0.000	94.000	0.000
X36 = 0	Sub óptima	3,931.200	93.000	96.000	0.000	0.000	93.000	0.000
X36 >= 1	Sub óptima	3,936.240	93.000	96.000	0.000	1.000	92,480	0.000
X32 <= 95	Sub óptima	3,936.130	93.000	95.000	0.000	0.000	93.000	1,170
X32 >= 96	Sub óptima	3,936.120	92.640	96.000	0.000	0.000	92,640	1.000
X34 <= 1	No entera	3,936.960	93.000	95.000	1.000	0.000	93.000	0,340
X34 >= 2	No entera	3,936.810	92,710	95.000	2.000	0.000	92,710	0.000
X30 <= 92	Sub óptima	3,936.170	92.000	96.000	1,340	0.000	93.000	0.000
X30 >= 93	Sub óptima	3,926.000	93.000	96.000	1.000	7,500	85,500	0.000
X34 = 0	No entera	3,937.210	93.000	95.000	0.000	0.000	94.000	0,230
X34 >= 1	Sub óptima	3,936.120	92,160	95.000	1.000	0.000	94.000	0.000
X34 = 0	Sub óptima	3,936.390	92.000	98.000	0.000	0.000	92.000	0,510
X34 >= 1	No entera	3,936.730	92.000	97,590	1.000	0.000	92.000	0.000
X32 <= 97	No entera	3,936.660	92.000	97.000	0.000	0.000	93,360	0.000
X32 >= 98	Sub óptima	3,936.100	91.400	98.000	0.000	0.000	93.000	0.000
X32 <= 100	Sub óptima	3,936.170	91.000	100.000	0.000	0.000	91,670	0.000
X32 >= 101	Sub óptima	3,936.370	90,910	101.000	0.000	0.000	90,910	0.000

Restricción adicional	Tipo de solución	Valor de la solución (Objetivo)	Valor de la variable (Cantidad de bates del tamaño)				
			X30'	X32'	X34'	X36'	X38'

**Nivel 9 (k=9)**

X36 <= 2	Sub óptima	3,928.900	94.000	94.000	0.000	2.000	92.000	0.000
X36 >= 3	No entera	3,933.940	94.000	94.000	0.000	3.000	91,480	0.000
X32 <= 93	No entera	3,934.770	94.000	93.000	0.000	2,260	93.000	0.000
X32 >= 94	No entera	3,934.380	93,240	94.000	0.000	2.000	93.000	0.000
X36 <= 1	Sub óptima	3,931.900	94.000	93.000	1.000	1.000	93.000	0.000

X <sub>36</sub> >= 2	Sub óptima	3,935.050	94.000	93.000	1.000	2.000	92.360	0.000
X <sub>36</sub> =0	Sub óptima	3,934.900	94.000	92.000	2.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>36</sub> >= 1	No entera	3,936.170	94.000	92.000	2.000	1.000	93.240	0.000
X <sub>34</sub> =0	No entera	3,937.150	94.000	91.000	3.000	0.000	94.000	0.110
X <sub>34</sub> >= 4	No entera	3,936.870	94.000	90.070	4.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>30</sub> <= 93	Sub óptima	3,936.140	93.000	92.000	3.000	0.000	94.060	0.000
X <sub>30</sub> >= 94	Sub óptima	3,919.700	94.000	92.000	3.000	11.500	82.500	0.000
X <sub>34</sub> <= 2	No entera	3,936.450	93.000	93.000	2.000	0.000	94.000	0.110
X <sub>34</sub> >= 3	No entera	3,936.470	93.000	93.000	3.000	0.000	93.240	0.000
X <sub>36</sub> =0	Sub óptima	3,934.200	93.000	94.000	1.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>36</sub> >= 1	Sub óptima	3,935.470	93.000	94.000	1.000	1.000	93.240	0.000
X <sub>34</sub> <= 2	No entera	3,936.590	93.000	94.000	2.000	0.000	93.000	0.290
X <sub>34</sub> >= 3	Sub óptima	3,936.320	92.670	94.000	3.000	0.000	92.670	0.000
X <sub>40</sub> =0	No entera	3,936.750	93.000	95.000	1.000	0.390	93.000	0.000
X <sub>40</sub> >= 1	Sub óptima	3,935.630	92.600	95.000	1.000	0.000	92.600	1.000
X <sub>30</sub> <= 92	Sub óptima	3,935.740	92.000	95.000	2.280	0.000	93.000	0.000
X <sub>30</sub> >= 93	Sub óptima	3,924.000	93.000	95.000	2.000	8.500	84.500	0.000
X <sub>40</sub> =0	No entera	3,937.070	93.000	95.000	0.000	0.260	94.000	0.000
X <sub>40</sub> >= 1	Sub óptima	3,934.740	91.920	95.000	0.000	0.000	94.000	1.000
X <sub>32</sub> <= 97	No entera	3,936.480	92.000	97.000	1.550	0.000	92.000	0.000
X <sub>32</sub> >= 98	No entera	3,936.590	91.810	98.000	1.000	0.000	91.810	0.000
X <sub>38</sub> <= 93	No entera	3,936.610	92.000	97.000	0.410	0.000	93.000	0.000
X <sub>38</sub> >= 94	Sub óptima	3,935.420	91.160	97.000	0.000	0.000	94.000	0.000

Restricción adicional	Tipo de solución	Valor de la solución (Objetivo)	Valor de la variable (Cantidad de bates del tamaño)					
			X <sub>30</sub> '	X <sub>32</sub> '	X <sub>34</sub> '	X <sub>36</sub> '	X <sub>38</sub> '	X <sub>40</sub> '

Nivel 10 (k=10)

X <sub>38</sub> <= 91	Sub óptima	3,933.140	94.000	94.000	0.000	3.520	91.000	0.000
X <sub>38</sub> >= 92	Sub óptima	3,933.730	94.000	93.370	0.000	3.000	92.000	0.000
X <sub>36</sub> <= 2	Sub óptima	3,931.400	94.000	93.000	0.000	2.000	93.000	0.000
X <sub>36</sub> >= 3	Sub óptima	3,932.260	93.080	93.000	0.000	3.000	93.000	0.000
X <sub>30</sub> <= 93	Sub óptima	3,933.730	93.000	94.000	0.000	2.190	93.000	0.000
X <sub>30</sub> >= 94	Infactible							
X <sub>38</sub> <= 93	Sub óptima	3,935.770	94.000	92.000	2.000	1.260	93.000	0.000
X <sub>38</sub> >= 94	Sub óptima	3,934.700	93.000	92.000	2.000	1.000	94.000	0.000
X <sub>40</sub> =0	No entera	3,937.080	94.000	91.000	3.000	0.130	94.000	0.000
X <sub>40</sub> >= 1	Sub óptima	3,935.490	93.640	90.640	3.000	0.000	93.640	1.000
X <sub>32</sub> <= 90	No entera	3,936.840	94.000	90.000	4.030	0.000	94.030	0.000

X <sub>32</sub> >= 91	No entera	3.936.540	93.570	91.000	4.000	0.000	93.570	0.000
X <sub>40</sub> =0	Sub óptima	3.936.380	93.000	93.000	2.000	0.130	94.000	0.000
X <sub>40</sub> >= 1	Sub óptima	3.935.440	93.000	93.000	2.000	0.000	93.060	1.000
X <sub>38</sub> <= 93	No entera	3.936.440	93.000	93.000	3.280	0.000	93.000	0.000
X <sub>38</sub> >= 94	Sub óptima	3.935.000	92.000	93.000	3.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>40</sub> =0	No entera	3.936.410	93.000	94.000	2.000	0.320	93.000	0.000
X <sub>40</sub> >= 1	Sub óptima	3.935.140	92.570	94.000	2.000	0.000	92.570	1.000
X <sub>36</sub> =0	Sub óptima	3.931.700	93.000	95.000	1.000	0.000	93.000	0.000
X <sub>36</sub> >= 1	Sub óptima	3.935.800	93.000	95.000	1.000	1.000	92.420	0.000
X <sub>36</sub> =0	Sub óptima	3.933.700	93.000	95.000	0.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>36</sub> >= 1	Sub óptima	3.934.560	92.080	95.000	0.000	1.000	94.000	0.000
X <sub>34</sub> <= 1	Sub óptima	3.936.020	92.000	97.000	1.000	0.000	92.000	0.460
X <sub>34</sub> >= 2	Sub óptima	3.936.100	91.780	97.000	2.000	0.000	91.780	0.000
X <sub>38</sub> <= 91	Sub óptima	3.935.340	91.000	98.000	1.480	0.000	92.000	0.000
X <sub>38</sub> >= 92	Sub óptima	3.928.300	92.000	98.000	1.000	5.500	86.500	0.000
X <sub>34</sub> =0	Sub óptima	3.936.260	92.000	97.000	0.000	0.000	93.000	0.340
X <sub>34</sub> >= 1	Sub óptima	3.935.540	91.320	97.000	1.000	0.000	93.000	0.000

### Nivel II (k=11)

X <sub>36</sub> =0	Sub óptima	3.935.400	94.000	91.000	3.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>36</sub> >= 1	Sub óptima	3.935.730	94.000	91.000	3.000	1.000	93.180	0.000
X <sub>34</sub> <= 4	No entera	3.936.780	94.000	90.000	4.000	0.000	94.000	0.060
X <sub>34</sub> >= 5	Entera	3.936.400	94.000	89.000	5.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>30</sub> <= 93	Sub óptima	3.935.700	93.000	91.000	4.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>30</sub> >= 94	Sub óptima	3.917.700	94.000	91.000	4.000	12.500	81.500	0.000
X <sub>34</sub> <= 3	Sub óptima	3.936.210	93.000	93.000	3.000	0.000	93.000	0.230
X <sub>34</sub> >= 4	Sub óptima	3.935.820	92.640	93.000	4.000	0.000	92.640	0.000
X <sub>36</sub> =0	Sub óptima	3.932.200	93.000	94.000	2.000	0.000	93.000	0.000
X <sub>36</sub> >= 1	Sub óptima	3.935.350	93.000	94.000	2.000	1.000	92.360	0.000
Restricción adicional	Tipo de solución	Valor de la solución (Objetivo)	Valor de la variable (Cantidad de bates del tamaño)					
			X <sub>30</sub> '	X <sub>32</sub> '	X <sub>34</sub> '	X <sub>36</sub> '	X <sub>38</sub> '	X <sub>40</sub> '

**Nivel 12** (k=12)

X <sub>40</sub> =0	No entera	3,936.740	94.000	90.000	4.000	0.060	94.000	0.000
X <sub>40</sub> >=	Sub óptima	3,935.000	93.610	89.610	4.000	0.000	93.610	1.000
I								

**Nivel 13** (k=13)

X <sub>36</sub> =0	Sub óptima	3,935.900	94.000	90.000	4.000	0.000	94.000	0.000
X <sub>36</sub> >=	Sub óptima	3,935.290	94.000	90.000	4.000	1.000	93.120	0.000
I								

**Resumen sobre el proceso de solución:**

Utilizando el programa Lindo (Linear Interactive Discrete Optimization) el proceso de solución demandó, en términos de esfuerzo computacional lo siguiente:

Número de variables del modelo de programación lineal entera	Número de restricciones del modelo de programación lineal entera	Número de iteraciones	Número de niveles	Número de ramas
6	9	188	13	47

**Número de sub-problemas por nivel y valor de la función objetivo en tipo de solución**

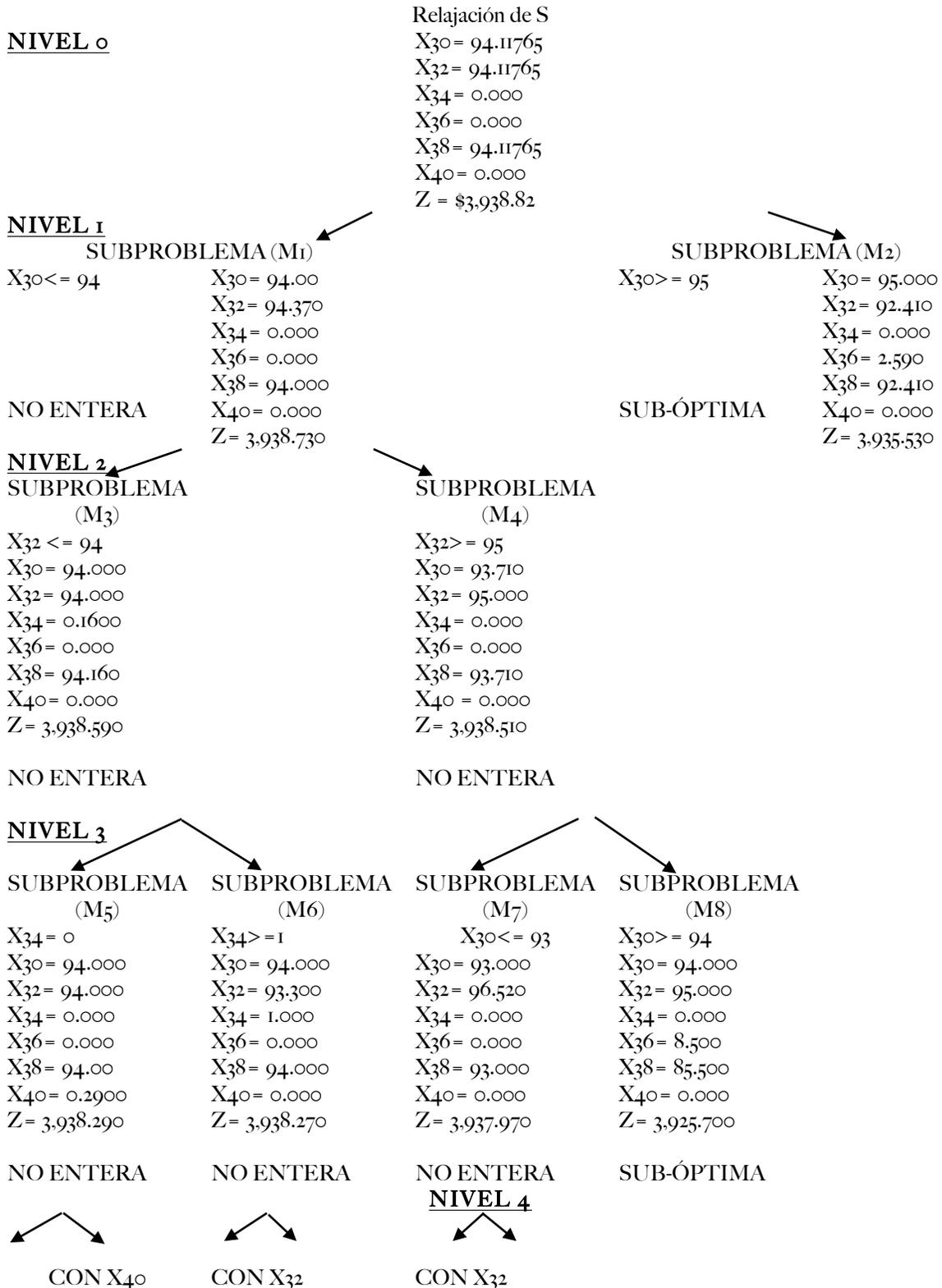
Nivel	Número de Sub-problemas	Número de soluciones enteras	Número de soluciones no enteras	Soluciones infactibles	Soluciones sub-óptimas	Mejor Valor de la función objetivo óptima (en solución entera o no entera)	Tipo de solución
1	2	0	1	0	1	3,938.730	No entera
2	2	0	2	0	0	3,938.590	No entera
3	4	0	3	0	1	3,938.970	No entera
4	6	0	6	0	0	3,938.940	No entera
5	12	2	7	0	3	3,937.910	No entera
6	14	0	13	0	1	3,937.770	No entera
7	26	0	16	2	8	3,937.530	No entera
8	32	0	14	0	18	3,937.430	No entera
9	28	0	14	0	14	3,937.150	No entera
10	28	0	5	1	22	3,937.080	No entera
11	10	1	1	0	8	3,936.780	No entera
12	2	0	1	0	1	3,936.740	No entera
13	2	0	0	0	2	-	Ninguna
Total	168	3	83	3	79		

### Soluciones enteras

Nivel	Valor de la función objetivo	Valor de la variable $X_{30}$	Valor de la variable $X_{32}$	Valor de la variable $X_{34}$	Valor de la variable $X_{36}$	Valor de la variable $X_{38}$	Valor de la variable $X_{40}$
5	3.933.900	94.000	94.000	0.000	0.000	94.000	0.000
5	3.936.000	93.000	94.000	0.000	0.000	94.000	1.000
II (óptima)	3.936.400	94.000	89.000	5.000	0.000	94.000	0.000

## Árbol de ramificación y acotamiento

Las primeras tres iteraciones del problema utilizando el algoritmo de ramificación y acotamiento, se muestran a continuación:



## **Conclusiones:**

### **«Divide y vencerás»**

El algoritmo de ramificación y acotamiento puede ser utilizado para resolver problemas de optimización con variables enteras, mixtas y binarias. De hecho es posible resolver problemas donde la función objetivo sea máxima o mínima. En teoría, un problema de programación lineal entero puede ser resuelto enumerando todas las posibles combinaciones de valores enteros y determinar una combinación (solución) que satisfaga el conjunto de restricciones y que sea máxima, sin embargo, el número total de combinaciones es extremadamente grande, incluso para un problema de pequeña instancia o tamaño pequeño. Para nuestro caso, observamos que era posible realizar un conjunto de combinaciones, teóricamente sencillas pero prácticamente intratable.

La estrategia que se utilizó es analizar el caso de la producción de bates de béisbol, construyendo un pequeño modelo de programación lineal entera, con 6 variables y 9 restricciones.

Básicamente, la estrategia del algoritmo de ramificación y acotamiento, también llamado el algoritmo de «divide y vencerás» es dividir el problema en un conjunto de sub-problemas más sencillos de resolver que son generados y resueltos de forma sistemática. El conjunto de soluciones de éstos sub-problemas se utilizan para resolver el problema original.

El enfoque del algoritmo de ramificación y acotamiento, es realizar un proceso de construcción de un árbol que se ramifica para dividir el proceso de tal forma que pueda conquistarse el problema. De ahí el nombre de «divide y vencerás», es decir, divide el problema en pequeños sub-problemas más sencillos de tratar para «vencer» al problema. A lo largo del caso resuelto, se generaron de forma sistemática una serie de sub-problemas lineales (problemas de programación lineal relajados), de tal forma que se utilizaron cotas inferiores y superiores que permitió que se acotara progresivamente el valor objetivo del problema original.

Mediante la construcción de las ramas del árbol de ramificación y acotamiento, fue posible realizar una enumeración especializada de los sub-problemas y realizar un análisis de como los sub-problemas se generan y se resuelven mediante el proceso de relajación (como si fuese un problema de programación lineal). De hecho, el nivel cero (nodo raíz) representa la relajación del problema lineal entero. En el marco teórico se mencionó que si al resolver el problema relajado, las variables son enteras, entonces el problema entero también está resuelto. Sin embargo, si esto no sucede (lo que no sucedió en nuestro caso) el valor objetivo del problema lineal se convierte en el objetivo de nuestro problema entero, de tal forma que el nodo raíz se bifurca en dos nodos sucesores (sub-problemas o ramas) utilizando una cota superior y otra cota inferior.

Estas dos ramas son los primeros cortes en términos de restricciones de desigualdad y que tienen las siguientes propiedades: cortan la región de factibilidad, los nodos sucesores son mutuamente excluyentes y su unión contiene el mismo número de valores enteros que la de su predecesor (no se eliminan puntos enteros).

La solución de relajada de un sub-problema proporciona información sobre si un nodo requiere ramificarse más, o si puede excluirse al tener soluciones sub-óptimas (como en nuestro problema o caso práctico) o infactibles.

Finalmente, el propósito de este trabajo no es el profundizar en los conceptos teórico de la programación lineal entera (para ello hay programas de maestría y doctorado en el país o libros muy especializados en tratar el tema), sino el que los alumnos y profesores que cursan y enseñan, respectivamente los programas de investigación de operaciones en el sistema de educación superior tengan a su alcance un conjunto de casos prácticos resueltos de forma llana, de tal suerte que puedan apreciar la belleza de las matemáticas aplicadas, en especial la forma en que se aborda la programación lineal y la programación lineal entera.

Espero que este trabajo sea útil para los profesores del Tecnológico Nacional de México, campus Ensenada. De igual forma, para todos los estudiantes del sistema universitario, y por qué no decirlo: para todos aquellos que se han encantado con las aplicaciones prácticas de la investigación de operaciones que les ayude a mejorar su habilidad para el proceso de toma de decisiones

## **Referencias**

**Chen, D., Batson, R., Dan, Y. (2010).** Applied Integer Programmin, Edit. Wiley, USA.

**Hammond, Keeney y Raiffa (2002).** Decisiones inteligentes: guía práctica para tomar mejores decisiones, edit. Gestión 2000, España

**Lapin, L., Whisler, W. (1996).** Cases in Management Science, Edit. Duxbury Press, USA.

**Sierksma y Zwols (2015).** Linear and Integer Optimization: Theory and Practice, Edit. CRC Press, USA

**Thaha, H. (1998).** Investigación de Operaciones: una introducción, Edit. Prentice Hall, México

# ESTRATEGIAS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA EMPRESA

**González Santoyo F., Flores Romero B., Alfaro Calderón G., Chagolla Farías M.A.,  
Hernández Silva V.**

FCCA- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
fsantoyo,betyf@umich.mx, ggalfaroc@gmail.com, gladiador\_zeus@hotmail.com, vhsilva@umich.mx

## RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis de los enfoques clásicos de teoría de sistemas orientada a la toma de decisiones y se presenta una propuesta metodológica para realizar una toma de decisiones eficiente, eficaz y racional, orientada a obtener resultados óptimos en la empresa considerando el comportamiento del decisor, así como el de la información usada en el proceso.

**PALABRAS CLAVE:** toma de decisiones, azar, probabilidad, empresa, incertidumbre.

## I. LA TOMA DE DECISIONES

Es un proceso a través del cual un ser humano selecciona una entre (n) alternativas que le satisface y le permite resolver el problema que se esté resolviendo. La toma de decisiones se da entre diferentes contextos, los cuales entre otros pueden ser en la familia, en lo sentimental, en el medio empresarial, enfoque que será la orientación que tiene el presente trabajo.

Para tomar una decisión es necesario tener una clara definición del problema a resolver, a este concepto es necesario que el tomador de decisiones (analista-decisor) le dedique su atención, González Santoyo F, Flores R.B., Gil Lafuente A.M. (2011)., ya que de ello dependerá la adecuada selección y diseño de la estrategia para abordarlo y poder llegar a una solución óptima o lo más próximo a ella. De no darle importancia a lo anterior la obtención de una solución óptima o aproximada será una casualidad, lo más seguro será que se obtenga una solución no adecuada, lo que llevará a una operación no sana de la empresa.

En las organizaciones en lo general la toma de decisiones se da de forma colegiada participando grupos interdisciplinarios, cuando son analizadas (n) alternativas para desarrollar un proyecto específico.

Es común tomar en consideración que las decisiones se deben tomar con cuidado ya que se considera son el motor de los negocios, así como de una óptima o no adecuada selección de alternativas, lo que contribuye

fuertemente con buen desempeño de la empresa y el éxito. En el proceso de la toma de decisiones que se da en la empresa, se aplica íntegramente el proceso administrativo con sus etapas de previsión, planeación, organización, integración, dirección y control, de no hacerlo todo proceso emprendido en este sentido llevará a decisiones no adecuadas en la empresa.

De acuerdo con Acosta Flores J.J. (1989). Una **decisión** es una respuesta a una interrogante cuyos sucesos a su alrededor tienen tanta incertidumbre que la respuesta resulta obvia, por ejemplo, en la pregunta *¿cuál deberá ser nuestro negocio?*, hay tantos aspectos inciertos que deberán tomarse en cuenta, como son la demanda, los competidores, el proceso de fabricación, la planeación y calendarización de la producción González Santoyo F, Flores R.B., Gil Lafuente A.M. (2013), el financiamiento, la comercialización entre otros; por lo que el tomador de decisiones deberá construir (n) alternativas considerando para ello el conjunto de elementos descritos anteriormente y con esa base dar lo que considera cual puede ser su mejor respuesta a un problema analizado.

Por ejemplo, considerando como decisión en los negocios a aquella cuyas consecuencias pueden ser determinantes para el negocio si no se actúa adecuadamente. La respuesta a *¿cuál debe ser nuestro negocio?*; producir el artículo de mejor calidad o satisfacer las necesidades de los clientes o hacer dinero en el menor tiempo posible o desaparecer a nuestros competidores del mercado, etc., por lo que una mala toma de decisiones puede llevar a que la empresa salga del mercado.

La toma de decisiones demanda de quienes la realizan, un comportamiento de elección, exigiéndoles estar muy atentos al funcionamiento de los centros y sistemas de toma de decisiones que se tienen en la empresa.

De acuerdo con Lazzari L. L. (1998). Los criterios de decisión utilizados responden a las características de la decisión en análisis. Se parte de dos situaciones genéricas:

- Decisiones en ambientes aleatorios.
- Decisiones en condiciones de incertidumbre.

Las primeras presuponen:

- Ser decisiones repetitivas.
- Conocer (o poder definir) una distribución de probabilidad (o de frecuencia) sobre los estados del suceso.

En las decisiones en condiciones de incertidumbre nada se conoce en términos probabilísticos acerca del posible comportamiento futuro de los estados del suceso, sea este repetitivo o no.

Es obvio que esta división no es otra cosa que un punto de partida. Las decisiones suelen situarse entre esa suerte de continuo que va desde la ignorancia plena hasta el acabado conocimiento de su comportamiento aleatorio.

## **2. ENFOQUES EN LA TOMA DE DECISIONES**

Los enfoques clásicos que se tienen en el proceso de la toma de decisiones están orientados al uso de los modelos descritos como:

### **Enfoque Normativo o Prescriptivo**

Este enfoque está basado en el uso de *modelos de optimización* como la programación lineal, teoría de juegos, programación dinámica, programación entera, aplicación de la estadística entre otros. Buscando obtener el óptimo de una función  $f(x_i)$  en el estado de maximización o minimización cuando la información usada para el análisis es de costos o utilidades, su enfoque es de utilidad o pérdida en la empresa.

### **Enfoque de Satisfacción**

Se asume que el decisor no está bien informado sobre las alternativas lo que implica que las revise a detalle. No hay una racionalidad completa en su búsqueda, por lo que es común en este enfoque que en la revisión de alternativas se acepte la primera que satisfaga las restricciones del problema, en lugar de tomar la alternativa que da la solución óptima.

### **Enfoque de decisión de un Sistema Abierto**

Su base de análisis es soportada en la participación del ser humano en todas las etapas que conforman el proceso, tomando en consideración la incidencia de los elementos del ambiente en el que se da el problema. Se elimina la racionalidad clásica y aplica conceptos tales como el aprendizaje y adaptación, ésta a través de la retroalimentación continua durante el proceso de decisión, lo que provoca ajustes de los fines y medios.

### **Enfoque del Comportamiento del Decisor**

Toma en consideración la forma de como una persona analiza el problema y toma una decisión, para ello basa su comportamiento usando los supuestos siguientes: modelo económico, enfoques clásicos del decisor, las expectativas humanas y toma de decisiones, modelo de comportamiento de la toma de decisiones en la empresa.

#### **REFERENTE A LA EJECUCIÓN EXISTEN:**

**Decisiones programadas:** implican una toma de decisiones bajo certeza, en ellas los resultados y consecuencias son conocidos de antemano. Las reglas y procedimientos son establecidos con anterioridad a su ejecución.

**Decisiones no programadas:** estas no tienen reglas y procedimientos preestablecidos, es común que se tomen ante condiciones de crisis de la empresa.

#### **REFERENTE A LOS ESTADOS DE LA NATURALEZA O NIVEL DE CONOCIMIENTO DEL DECISOR**

Las situaciones más comunes que presentan en este contexto son:

**Decisiones en la certeza:** el decisor conoce a precisión el sistema y como ocurrirán con certeza los sucesos que se dan en él, para el caso solamente existe una consecuencia para cada alternativa.

**Decisiones en el riesgo:** ocurre cuando hay dos o más estados de la naturaleza (sucesos a evaluar) para un problema y se la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos, así mismo se tomará en cuenta el comportamiento del decisor ante la evaluación de un problema, el que puede tener 3 estados que son. *Propenso, Adverso o Cero Riesgo*, estos comportamientos del decisor influirán grandemente en la toma de decisiones; ya que el ser humano no es estándar en su comportamiento, para el caso cuando se analiza un problema cuando menos existen estos 3 estados de comportamiento en los que el decisor puede tener acomodo, aunque en términos del comportamiento del ser humano, en la mayoría de los casos tiene un comportamiento consistente en cualquiera de estos estados, dependiendo de cuál sea el caso.

**Decisiones en la incertidumbre:** en este estado se identifican múltiples consecuencias para cada alternativa, para ellas no se conoce la probabilidad de ocurrencia de las que se encuentren en análisis. La decisión tomada es basada en criterios subjetivos del decisor, en ella toma un papel importante sus actividades y valores personales. Por ejemplo la introducción de un nuevo producto en el mercado sin tener una

estimación eficiente y eficaz del comportamiento de la demanda, sin experiencia histórica ni prevención de cambios tecnológicos entre otros.

### 3. DECISIONES RACIONALES

La *racionalidad* se ve como la forma de optimizar la toma de decisiones, maximizando los beneficios esperados. Otro enfoque establece que el individuo selecciona un curso de acción que maximiza sus ventajas, si es posible medirlas de forma objetiva.

La *racionalidad* tiene que ver con una postura ideológica y esta establece el uso de un modelo para la toma de decisiones, entre otros modelos se tienen:

**Modelo Economicista:** parte de que todo tomador de decisiones es económicamente racional y trata de maximizar los beneficios, tomando un proceso ordenado y secuencia, tomando en consideración como mínimo las etapas:

- Definición del problema.
- Definición de las metas a alcanzar.
- Definición del modelo de decisión.
- Desarrollo de alternativas a analizar.
- Evaluación de alternativas.
- Selección de la mejor alternativa.
- Implementar la decisión.

**Modelo para Optimizar la Decisión:** busca obtener la solución óptima, las etapas de análisis recomendadas a seguir son:

1. Identificación del problema.
2. Identificar los criterios de decisión.
3. Diseñar el modelo que simule (1) adecuadamente.
4. Selección del método óptimo para resolver (3).
5. Obtención de la solución óptima para la toma de decisiones.

**Modelo de Racionalidad Limitada:** en este modelo se opta por la primera alternativa lo suficientemente buena que satisface las necesidades del tomador de decisiones aunque no sea la óptima por lo que la aplicación de este modelo es limitativo en lo referente al desarrollo eficiente y eficaz de la empresa.

#### 4. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS PARA LA TOMA DE DECISIONES

El primer cuestionamiento a este respecto será dar respuesta a *¿cuándo existe un problema?*, la respuesta inicial será cuando existe un vacío entre el estado en el que estamos en el hoy día y el futuro, que corresponde al estado en que se quisiera estar, y no se sabe de antemano como poder satisfacer ese vacío o como cruzar la brecha.

La solución de un problema en esencia es la búsqueda y el encuentro de una forma apropiada de eliminar la brecha existente entre el estado actual ( $t_o$ ) y el estado deseado ( $t_n$ ) de una situación, estando orientado el proceso al logro de una(s) meta(s). Este proceso implica explicar que existe en el vacío existente entre el ( $t_o - t_n$ ) y la búsqueda del medio para explicarla.

En este proceso participan recursos humanos que identifican el espacio en el que se da el problema, la caracterización del problema e identificación del(los) método(s) más usados para su solución.

#### PROCESO DE SOLUCIÓN

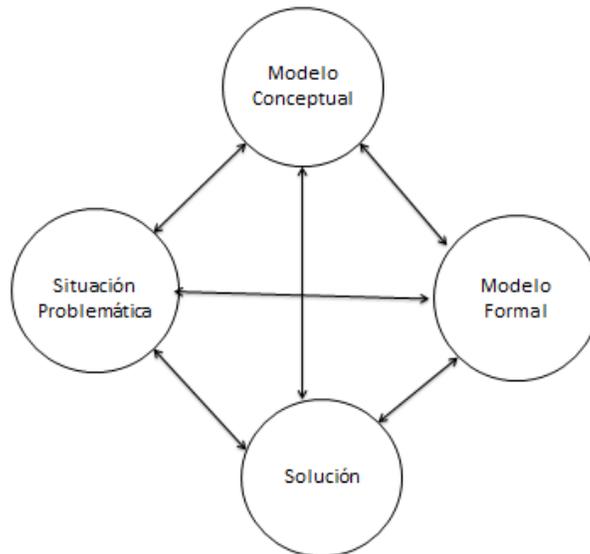
Una estrategia adecuada entre muchas que existen en la literatura para la obtención de una solución eficiente y eficaz puede ser obtenida usando el modelo del diamante, de acuerdo con González Santoyo Flores Romero B, Gil Lafuente A.M. (2011), es descrito como:

##### 4.1. EL MODELO DEL DIAMANTE

El modelo del Diamante (descrito originalmente por Mitroff) es usado hoy día como una herramienta factible en la Ingeniería de Sistemas para la identificación eficiente de problemas. En la aplicación del citado modelo es necesario desarrollar las etapas involucradas en el análisis de problema, como son:

1. **Delimitación de la situación problemática.**
2. **Modelo Conceptual.**
3. **Modelo Formal.**
4. **Solución.**

La presentación gráfica del modelo es dada como se muestra en la siguiente figura:



Para la aplicación de la metodología anterior, se parte de que existe un **problema**, tomando como referencia base que éste es establecido cuando *existe una divergencia entre el estado actual y el estado deseado* del sistema analizado. Para el caso de análisis se tomará como base la empresa.

Los estados de situaciones problemáticas, en general son presentados como:

---

**ESTADO ACTUAL = ESTADO DESEADO; → no existe problema**

**ESTADO ACTUAL ≠ ESTADO DESEADO; → existe problema**

---

El estado de interés para realizar análisis, como se citó anteriormente, es el caso cuando existe problema, por lo que la aplicación de la metodología en las diferentes etapas que componen el modelo es de la siguiente forma.

## SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En esta fase se establece el marco de referencia en el que se sitúa el problema, se definen las variables que participan en el sistema. A través de la **realización de un diagnóstico** es posible identificar la interrelación de variables y las causas que originan el estado de desorden en el sistema (empresa), por lo que es posible identificar y tipificar el problema. Esta etapa de análisis tiene una gran importancia, por lo que, dependiendo de la precisión con que sea realizada la misma, así será la eficiencia esperada; de lo contrario habrá que regresar a identificar más variables no consideradas originalmente en el análisis y realizar análisis, lo que puede ocasionar caer en un reciclamiento y no llegar a establecer una solución eficiente del problema por la no identificación adecuada de las causas que lo originan.

## MODELO CONCEPTUAL

En esta etapa, tomando como **base el diagnóstico** elaborado en el análisis de la situación problemática y haciendo una relación *causa - efecto* entre todas las situaciones de tipo problemático (*síntomas de problema*), se delimita claramente el problema (**definición del problema**).

Es importante hacer notar que de la claridad y exactitud que se tenga en la definición del problema, dependerá la obtención de una solución eficiente.

## MODELO FORMAL

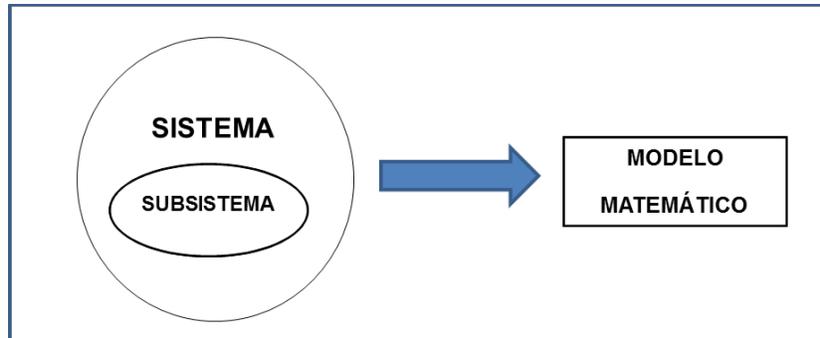
En esta etapa se hace una **abstracción** del sistema, tomando como base la representación del mismo a través de un **modelo matemático**. *El cual deberá ser una representación lo más aproximada al sistema real (sujeto a análisis).*

Por ejemplo, se desea determinar una estrategia de distribución de productos para la corporación **W**, en la que se tienen **m** plantas productoras de **x** artículos, ubicadas en las diferentes provincias de España ,concentradas especialmente en Cataluña, y éstas tienen la necesidad de enviar productos a **n** ciudades en las que se demandan los artículos producidos en las plantas industriales.

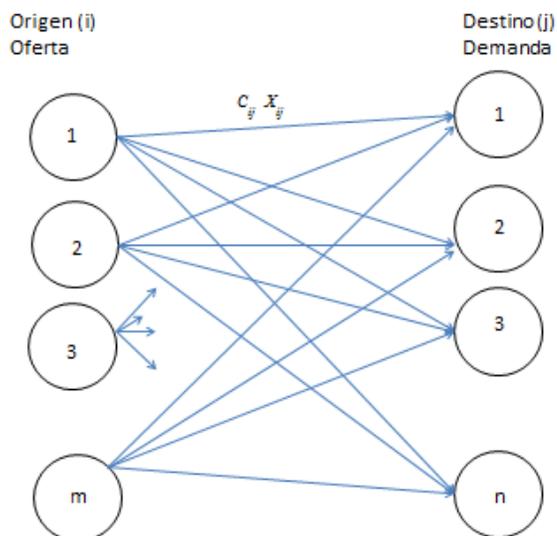
Se tiene que una forma básica de definir un conjunto de estrategias de distribución de productos de la corporación **W** a bajo costo, es establecida aplicando el modelo de transporte.

Por lo que el proceso de análisis en esta etapa sería el siguiente:

### PRESENTACIÓN GRÁFICA DEL SISTEMA



### REPRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA



Entonces la **abstracción del sistema** a través del **modelo matemático** es representada como:

$$\text{Min. } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

$$\text{s.a. } \sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j, \quad j=1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i, \quad i=1, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

$$\forall X_{ij} \geq 0$$

Lo anterior permite establecer que, en la medida en que el modelado del problema sea lo más aproximado a la representación real del sistema, garantizará en principio una posibilidad de obtener una solución del problema lo más próxima a la realidad.

## SOLUCIÓN

En esta etapa se definen la(s) técnica(s) que permitan obtener la solución del problema.

Se toma como base el conocimiento del área, para así poder establecer las bondades y alcance de los diferentes algoritmos y técnicas que se tengan a mano para obtener la solución del problema.

Para el caso del problema citado en la etapa anterior, dependiendo de las expectativas esperadas en la solución y del nivel de presupuesto que el Director General tenga programado gastar en el período de análisis, así como de las políticas de incorporación de clientes por unidad de área, serán aplicadas las técnicas de solución disponibles, las cuales tienen diferentes niveles de eficiencia en la solución.

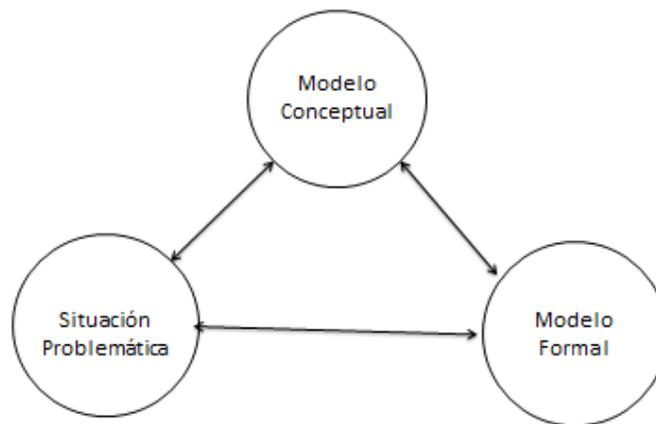
## TIPIFICACIÓN DE LOS TOMADORES DE DECISIONES A PARTIR DEL MODELO DEL DIAMANTE

De acuerdo con González Santoyo Flores Romero B, Gil Lafuente A.M. (2011), estas son establecidas como:

### CASO 1: EL PLANEADOR.

El analista que trabaja bajo este criterio solamente establece la planificación conceptual básica del problema, lo cual no le permite tomar una decisión eficiente, por la falta de información para hacer análisis; solamente analiza la situación problemática, define el problema y establece el modelo matemático que representa el problema, pero sin llegar a proponer técnicas de solución del modelo, menos aún un nivel de solución del mismo.

Lo anterior es presentado gráficamente como sigue:



### CASO 2: EL TÉCNICO NO PREVISOR.

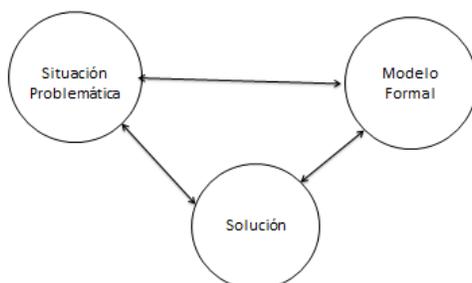
El comportamiento del analista en este caso es resolver un problema en el que no tiene la claridad en su delimitación y definición exacta. Indica el proceso a partir de una problemática general y define un modelo matemático que considera representa la problemática que desea resolver.

Lo anterior implica que el ***obtener una solución eficiente será cosa de la casualidad.***

Este tipo de comportamiento es atribuido en general a analistas con formación muy técnica por lo que, sin interesarles la formalidad en la definición de problemas, se van directamente a aplicar modelos y técnicas de análisis numérico que manejan eficientemente, y que consideran se adaptan al problema desconocido.

Por lo anterior se tiene que la **solución obtenida para el problema** se espera **sea de baja calidad**; en caso contrario, es coincidencia la aproximación al óptimo.

Esto puede ser representado gráficamente como:



### CASO 3: EL ANALISTA BASADO EN LA EXPERIENCIA.

En este caso el analista no considera necesario el modelo formal en su análisis y a partir de la definición del problema **proporciona** una **recomendación** que es considerada como **solución**.

El comportamiento del analista en este caso se basa en el supuesto de que cuenta con la suficiente experiencia en el campo en que se encuentra clasificado el análisis del problema.

Los tipos clásicos de respuesta a obtener son los siguientes.

Tabla No. 1

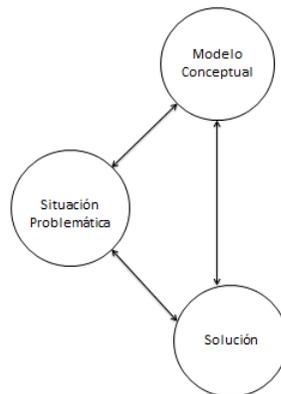
CONCEPTO	ESTADO	NIVEL DE RESPUESTA
Experiencia	1	EFICIENTE
Experiencia	2	INEFICIENTE
Experiencia	3	INEFICIENTE

1: Gran experiencia y actualización constante del nivel de conocimientos requeridos en el área de análisis.

2: Gran experiencia y no actualización de conocimientos requeridos en el área de análisis.

3: Sin experiencia, con o sin conocimiento del área de análisis.

Lo anterior es expresado gráficamente como:

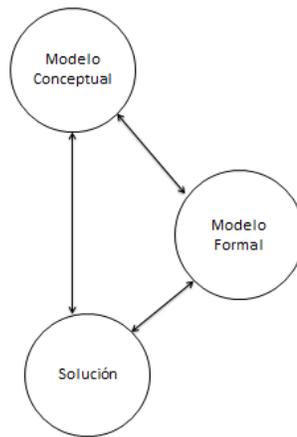


#### CASO 4: EL TÉCNICO

En este caso, el analista desconoce la situación problemática que originó el problema que resuelve, lo cual es propicio para tener un alto nivel de error si el problema ha sido mal definido, aun cuando las técnicas empleadas para la solución sean altamente eficientes.

Éste es el caso común del **técnico** que le **encargan resolver** un problema que **desconoce** cómo se **conceptualizó**.

Gráficamente es ilustrado como:



La metodología anterior es, en consecuencia, una aplicación del método científico que permite conceptualizar, definir, resolver e implantar la solución de un problema específico de cualquier área del conocimiento, dado que si la solución recomendada al problema no es suficientemente aceptada por el tomador de decisiones, se regresa nuevamente a revisar la situación problemática, la definición de problema (modelo conceptual), el modelo formal (modelo matemático), y/o la solución, hasta que ésta es **aceptada** por el tomador de decisiones y posteriormente se procede a implantar la solución, e incorporar un proceso de seguimiento y evaluación para mantener el sistema dinámico, como un proceso de mejora continua.

Para que se dé una de toma de decisión racional eficiente y eficaz, se recomienda tomar en cuenta como mínimo las etapas siguientes:

## 5. EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

1. Definición del problema
2. Definición de comportamiento del decisor (propenso, adverso o indiferente al riesgo).
3. Caracterización de la información (determinística, probabilística, estocástica o en la incertidumbre).
4. Modelado del Problema (orientación cuantitativa, cualitativa)
5. Selección de metodología a usar en la solución del problema.
6. Identificación de alternativas (escenarios) a evaluar.
7. Clasificación de resultados de las alternativas evaluadas.

8. Selección de alternativa óptima
9. Implantación de alternativa óptima.
10. Seguimiento de (9), en un proceso dinámico para garantizar lo esperado.
11. Retroalimentación.

Como se observa el proceso de toma de decisiones se lleva a cabo en todas las etapas de; (definición de problema →, ... →, solución → implantación → y seguimiento), tomando en consideración la contrastación de niveles de respuesta que se dan en un abanico de posibilidades, así como el comportamiento de la información, del decisor y del enfoque de solución del problema ya sea cualitativo o cuantitativo, con ello se orienta el proceso desde el análisis hasta la etapa final de toma de la decisión garantizando aproximarse a tener resultados óptimos en la práctica académico, científica y profesional.

## **CONCLUSIONES**

Del análisis de los diferentes enfoques y procesos que definen, regulan y orientan un proceso de toma de decisiones racional que lleve a resultados óptimos, eficientes y eficaces, se requiere y recomienda hacer uso de la metodología propuesta en la parte final de este apartado descrita en 11 etapas que operan como un ciclo en un proceso dinámico, permitiendo al tomador de decisiones siempre tener la información de la mejor calidad en cualquier etapa del proceso lo que le dará una ventaja competitiva en la selección de la mejor opción para posicionar a la empresa como de clase mundial y líder del mercado, así como una mejor orientación en la aplicación de la mejora continua.

## BIBLIOGRAFÍA

Acosta Flores J.J. (1989). *Teoría de decisiones en el sector público y en la empresa privada*. Representaciones y Servicios de Ingeniería. México.

Acosta Flores J.J. (1989). *Como mejorar su habilidad para tomar decisiones*. DIEC. México.

González Santoyo F, Flores Romero B, Gil Lafuente A.M. (2013). *Estrategias para la optimización de la producción de la empresa*. Ilustre Academia Iberoamericana de Doctores- U. Barcelona-UMSNHA. Morelia México.

González Santoyo F, Flores Romero B, Gil Lafuente A.M. (2011). *Proceso para toma de decisiones en un entorno globalizado*. Editorial Universitaria Ramón Areces. Barcelona España.

Lazzari L.L., Machado E, Pérez Rodolfo H. (1998). *Teoría de la decisión Fuzzy*. Ediciones Macchi. Argentina.