



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

NANOTECNOLOGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL, ACADÉMICO Y ESTATAL DE GUATEMALA

Analí Anleu Zeissig

Asesorado por el Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco

Guatemala, septiembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**NANOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL, ACADÉMICO Y
ESTATAL DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANALI ANLEU ZEISSIG

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ADALBERTO BRACAMONTE OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Giovanni Tobar Guzmán
EXAMINADOR	Ing. César Leonel Ovalle
EXAMINADOR	Ing. Danilo González Trejo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

NANOTECNOCENCIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL, ACADÉMICO Y ESTATAL DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 29 de mayo de 2009.



Analí Anleu Zeissig

Guatemala 18 de Octubre del 2010

Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Urquizú:

En atención a la asesoría del trabajo de graduación titulado **“NANOTECNOCENCIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL, ACADÉMICO Y ESTATAL DE GUATEMALA”** presentado por la estudiante **Analí Anleu Zeissig**, como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Industrial, le informo que ha sido concluida, determinándose que satisface los requisitos que establece la legislación universitaria.

Sin otro particular quedo de usted, atentamente



Ing. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco
Asesor
Colegiado No 2856



REF.REV.EMI.054.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **NANOTECNOCIENCIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL, ACADÉMICO Y ESTATAL DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Analí Anleu Zeissig**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Victor Hugo Garcia Roque', written over a horizontal line.

Ing. Victor Hugo Garcia Roque
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **NANOTECNOLOGIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL, ACADÉMICO Y ESTATAL DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Anali Anleu Zeissig**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2011.

/mgp



DTG. 361.2011.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **NANOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL, ACADÉMICO Y ESTATAL DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Análí Anleu Zeissig**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 26 de septiembre de 2011.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por estar siempre conmigo y por darme aliento cada vez que lo necesitaba.
Mis padres	Astrid Zeissig y Luis Anleu, por su apoyo incondicional durante toda mi carrera y por darme todo para salir adelante.
Mis hermanos	Leslie, Jonathan y Eduardo por ser ejemplos a seguir y una fuente de inspiración para mí.
Mis sobrinos	Nicolás, Antonio, Karisha y Abril por ser tan especiales para mí.
Familia Zeissig	A todos mis tios, primos y sobrinos por darme apoyo en todo momento y por hacerme saber que cuento con toda mi familia.
Mis amigos	A todos aquellos que me ayudaron en este trabajo y a todos los que siempre estuvieron conmigo apoyándome .
USAC	Por todos los conocimientos que me ha brindado y por ser como mi segundo hogar.

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS** Por darme siempre lo que he necesitado, por ponerme siempre en el camino correcto y por hacerme aprender tantas cosas de la vida.
- Mis padres** Astrid Zeissig y Luis Anleu por estar siempre pendientes de mí, dándome lo mejor, cuidándome, guiándome y apoyándome en todo momento. Gracias por darme la oportunidad de dedicarme a mis estudios completamente.
- Mis hermanos** Leslie, Jonathan y Eduardo, por cuidarme desde pequeña y por ser siempre un ejemplo para mí.
- Mis amigos** Por todo su apoyo y comprensión, en especial a todos los que me ayudaron a pasar encuestas en diferentes lugares y mis amigos que asistieron al taller de prospectiva que se realizó para este trabajo.
- DIGI** Por permitirme realizar mis prácticas finales en sus instalaciones y por brindarme este tema de investigación, en especial a la Ingeniera Liuba Cabrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIX
GLOSARIO	XXI
RESUMEN	XXIII
OBJETIVOS	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Antecedentes históricos de la Universidad de San Carlos de Guatemala	1
1.1.1. Historia de la Universidad de San Carlos de Guatemala	2
1.1.2. Misión	5
1.1.3. Visión	5
1.1.4. Estructura orgánica	5
1.1.5. Dirección General de Investigación	8
1.1.5.1. Historia	8
1.1.5.2. Misión	9
1.1.5.3. Visión	10
1.1.5.4. Organigrama	10
1.1.6. Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial	11
1.1.6.1. Misión	12
1.1.6.2. Visión	13
1.1.6.3. Objetivos del programa	13

1.2.	Antecedentes históricos de la nanotecnología	14
1.2.1.	Situación internacional	16
1.2.1.1.	Nanotecnociencia en Iberoamérica	17
1.2.2.	Nanotecnociencia en Guatemala	19
1.3.	Definición de Nanotecnociencia	21
1.3.1.	Conceptos generales	22
1.4.	Avances en Nanotecnociencia	25
1.4.1.	Japón	25
1.4.2.	España	26
1.4.3.	Brasil	27
1.4.4.	México	28
1.4.5.	Portugal	28
1.4.6.	Argentina	29
1.4.7.	Chile	30
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA NANOTECNOCENCIA EN GUATEMALA	31
2.1.	Estudio de mercado	31
2.1.1.	Metodología	31
2.1.2.	Sectores	32
2.1.2.1.	Industria	33
2.1.2.2.	Academia	33
2.1.2.2.1.	Universidad	34
2.1.2.2.2.	Instituciones de educación primaria	35
2.1.2.2.3.	Instituciones de educación secundaria	35
2.1.2.3.	Estado	35
2.1.3.	Herramientas	36

2.1.3.1.	Encuestas	36
2.1.3.2.	Entrevistas	36
2.1.4.	Análisis de la demanda	36
2.1.4.1.	Mercado objetivo	37
2.1.4.2.	Determinación del mercado objetivo	37
2.1.4.3.	Determinación del tamaño de la muestra	37
2.1.4.4.	Cuestionario	45
2.1.4.5.	Tabulación de datos de fuentes primarias	52
2.1.4.6.	Análisis de los resultados en encuestas	113
2.1.4.7.	Proyección de la demanda	114
2.2.	Políticas públicas, regulaciones y marco legal	115
2.3.	Educación y percepción pública	116
2.4.	Capacidades científico-tecnológicas	117
2.5.	Cooperación a nivel nacional e internacional	118
2.5.1.	Red para la implementación de la nanotecnología en Guatemala REDNANOTEG	119
2.6.	Interacción entre la industria y la academia	120
2.7.	Análisis causa y efecto	121
2.7.1.	Diagrama Ishikawa	123
3.	PROPUESTA DE UN PROGRAMA NACIONAL DE NANOTECNOCENCIA EN GUATEMALA	125
3.1.	Visión	125
3.2.	Misión	125
3.3.	Horizonte del programa a diez años	126
3.4.	Objetivo General	126
3.5.	Fortalecimiento integral de la Nanotecnociencia	127
3.5.1.	Objetivos estratégicos	127
3.5.2.	Líneas de acción generales	128

3.5.3.	Líneas de investigación	129
3.6.	Áreas temáticas	132
3.6.1.	Salud	132
3.6.1.1.	Cáncer	133
3.6.1.2.	Alzheimer	134
3.6.1.3.	Parkinson	135
3.6.1.4.	VIH	136
3.6.2.	Alimentos	137
3.6.2.1.	Empaques	137
3.6.2.2.	Control de calidad	137
3.6.2.3.	Complementos alimenticios	138
3.6.2.4.	Materias primas	138
3.6.3.	Energía	138
3.6.3.1.	Catalizadores para celdas combustibles	138
3.6.3.2.	Sistemas de almacenamiento de hidrógeno	139
3.6.4.	Cosmetología	140
3.6.5.	Nuevos materiales	141
3.6.5.1.	Materiales inteligentes	141
3.6.6.	Medio ambiente	141
3.6.6.1.	Sensores y biosensores para el control ambiental	142
3.6.7.	Agricultura	142
3.6.7.1.	Filtración de agua	143
3.6.7.2.	Desalinización del agua	143
3.6.8.	Textil	144
3.6.8.1.	Telas inteligentes	145
3.6.9.	Otras áreas	145

4.	IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA NACIONAL DE NANOTECNOLOGÍA	147
4.1.	Gobierno	147
4.1.1.	Diagrama de flujo de proceso de implementación	148
4.2.	Industria	148
4.2.1.	Diagrama de flujo de proceso de implementación	149
4.3.	Educación primaria	149
4.3.1.	Diagrama de flujo de proceso de implementación	151
4.4.	Educación a nivel diversificado	152
4.4.1.	Diagrama de flujo de proceso de implementación	153
4.5.	Educación universitaria	153
4.5.1.	Nivel grado	154
4.5.1.1.	Facultad de Ingeniería	154
4.5.1.1.1.	Ingeniería Industrial	154
4.5.1.1.2.	Ingeniería Mecánica Industrial	154
4.5.1.1.3.	Ingeniería Química	155
4.5.1.1.4.	Ingeniería Mecánica	155
4.5.1.1.5.	Ingeniería Electrónica	155
4.5.1.1.6.	Ingeniería en Alimentos	156
4.5.1.1.7.	Ingeniería en Ciencias y Sistemas	156
4.5.1.1.8.	Ingeniería Civil	156
4.5.1.1.9.	Ingeniería Eléctrica	156
4.5.1.1.10.	Física	157
4.5.1.1.11.	Licenciatura en Matemáticas	157
4.5.1.2.	Facultad de Ciencias Médicas	157
4.5.1.3.	Facultad de Ciencias Químicas	158
4.5.1.3.1.	Biología	158
4.5.1.3.2.	Nutrición	158

4.5.1.3.3.	Química	158
4.5.1.3.4.	Química Biológica	159
4.5.1.3.5.	Química Farmacéutica	159
4.5.1.4.	Facultad de Odontología	159
4.5.1.5.	Facultad de Veterinaria y Zootecnia	159
4.5.1.5.1.	Veterinaria	160
4.5.1.5.2.	Zootecnia	160
4.5.1.6.	Facultad de Agronomía	160
4.5.1.6.1.	Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales	160
4.5.1.6.2.	Agronomía en Producción Agrícola	161
4.5.2.	Reforzamiento en las áreas de:	161
4.5.2.1.	Matemática	161
4.5.2.2.	Física	161
4.5.2.3.	Química	162
4.5.2.4.	Diagrama de flujo de proceso de implementación	162
4.5.3.	Educación a nivel de postgrado	163
4.5.3.1.	Diagrama de flujo de proceso de implementación	163
4.6.	Capacitaciones	164
4.7.	Campañas de divulgación	164
4.8.	Recursos e insumos necesarios	165
4.8.1.	Recursos humanos	165
4.8.1.1.	Encargado del programa	165
4.8.1.2.	Profesores	166
4.8.1.3.	Técnicos	166
4.8.2.	Recursos materiales	167

4.8.2.1.	Laboratorio	167
4.8.2.1.1.	Instalaciones	167
4.8.2.1.2.	Balanza analítica +/- 0.01mg	169
4.8.2.1.3.	Analizador Termo gravimétrico TGA	169
4.8.2.1.4.	Difractometro de rayos X	171
4.8.2.1.5.	Calorímetro diferencial de barrido	171
4.8.2.1.6.	Pipetas digitales	172
4.8.2.1.7.	Agitador tipo Vortex	173
4.8.2.1.8.	Microscopio AFM	173
4.8.2.1.9.	Horno	174
4.8.2.1.10.	Balanza semianalítica	175
4.8.2.1.11.	Cristalería	176
4.8.2.1.12.	Software de simulación	176
4.8.2.2.	Materiales de oficina	177
4.8.3.	Recursos financieros	178
4.8.3.1.	CONCYT	179
4.8.3.2.	Rusia	180
4.8.3.3.	Japón	181
4.8.3.4.	Corea	182
5.	SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA NACIONAL DE NANOTECNOCENCIA PARA LA MEJORA CONTINUA	185
5.1.	Actualizaciones tecnológicas	185
5.2.	Evaluaciones	185
5.3.	Monitoreo y seguimiento	186
5.4.	Talleres de seguimiento	187

CONCLUSIONES	189
RECOMENDACIONES	193
BIBLIOGRAFÍA	195
ANEXOS	197

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la Universidad de San Carlos de Guatemala, parte A.	6
2.	Organigrama de la Dirección General de Investigación, USAC	11
3.	Sectores del mercado de nanotecnología	32
4.	Encuesta para profesionales primera parte	45
5.	Encuesta profesionales segunda parte	47
6.	Encuesta alumnos universitarios primera parte	48
7.	Encuesta alumnos universitarios segunda parte	49
8.	Encuesta para empresas primera parte	50
9.	Encuesta para empresas segunda parte	51
10.	Profesionales que utilizan laboratorios universitarios	53
11.	Profesionales que contratan servicios de laboratorio	53
12.	Profesionales que no realizan investigaciones	54
13.	Mayores ventajas competitivas de los profesionales	57
14.	Profesionales que conocen el término nanotecnología	57
15.	Medios de información sobre nanotecnología para profesionales	58
16.	Profesionales que definieron nanotecnología como tecnología a nivel nanométrico	59
17.	Profesionales que definieron nanotecnología como nanorobots	59

18.	Profesionales que definieron nanotecnología como tecnología a nivel micro	60
19.	Conocimiento de nanotecnología dependiendo de la definición dada de los profesionales	60
20.	Profesionales a quienes la nanotecnología les parece un tema complicado	61
21.	Profesionales a quienes la nanotecnología les parece un tema aburrido	61
22.	Profesionales a quienes la nanotecnología les parece un tema interesante	62
23.	Profesionales a quienes la nanotecnología les parece un tema futurista	62
24.	Profesionales que desconocen el término de nanotecnología y les parece un tema complicado	63
25.	Profesionales que desconocen el término de nanotecnología y les parece un tema aburrido	63
26.	Profesionales que desconocen el término de nanotecnología y les parece un tema interesante	64
27.	Profesionales que desconocen el término de nanotecnología y les parece un tema futurista	64
28.	Profesionales que piensan que un curso de especialización en nanotecnología sería muy caro	65
29.	Profesionales que piensan que un curso de especialización en nanotecnología sería caro	65
30.	Profesionales que piensan que un curso de especialización en nanotecnología sería accesible	66
31.	Profesionales que piensan que un curso de especialización en nanotecnología sería de bajo costo	66

32.	Profesionales que desconocen el término y piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería muy caro	67
33.	Profesionales que desconocen el término y piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería caro	67
34.	Profesionales que desconocen el término y piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería accesible	68
35.	Profesionales que desconocen el término y piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería de bajo costo	68
36.	Percepción Económica de Nanotecnología en Profesionales	69
37.	Interés de los profesionales en participar en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado	69
38.	Interés en un curso de Nanotecnología a nivel de postgrado de profesionales de diferentes áreas que conocen el término	70
39.	Interés en curso de nanotecnología a nivel de postgrado en profesionales que desconocen el término	70
40.	Profesionales que no muestran interés en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado por falta de tiempo	71
41.	Profesionales que no muestran interés en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado porque les parece que no es su área	71
42.	Profesionales que no muestran interés en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado porque les interesan otros temas	72

43.	Profesionales que no muestran interés en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado porque piensan que es mejor irse al extranjero	72
44.	Profesionales que desconocen el término que no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a falta de tiempo	73
45.	Profesionales que desconocen el término que no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a que no es su área	73
46.	Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de actualización	74
47.	Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de especialización	74
48.	Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialidad	75
49.	Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una maestría	75
50.	Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un doctorado	76
51.	Profesionales que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de actualización	76
52.	Profesionales que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de especialización	77
53.	Profesionales que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialidad	77
54.	Profesionales que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una maestría	78

55.	Profesionales que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un doctorado	78
56.	Nivel de postgrado en nanotecnología que interesa a los profesionales	79
57.	Temas de interés de nanotecnología en profesionales	79
58.	Edades de profesionales interesados en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado	80
59.	Opciones que prefieren los estudiantes para obtener su título universitario	81
60.	Opción a elegir para obtener título universitario	82
61.	Conocimiento de nanotecnología de los estudiantes universitarios	86
62.	Medios de información sobre nanotecnología en los alumnos universitarios	87
63.	Estudiantes que definieron nanotecnología como nanorobots	87
64.	Estudiantes que definieron nanotecnología como algo del futuro	88
65.	Estudiantes que definieron nanotecnología como chips	88
66.	Estudiantes que definieron nanotecnología como tecnología a nivel micro	89
67.	Estudiantes que definieron nanotecnología como tecnología a nivel nanométrico	89
68.	Conocimiento de los estudiantes universitarios en nanotecnología dependiendo de la definición dada	90
69.	Estudiantes universitarios a quienes la nanotecnología les parece un tema complicado	91
70.	Estudiantes universitarios a quienes la nanotecnología les parece un tema aburrido	91

71.	Estudiantes universitarios a quienes la nanotecnología les parece un tema interesante	92
72.	Estudiantes universitarios a quienes la nanotecnología les parece un tema futurista	92
73.	Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes la nanotecnología les parece un tema complicado	93
74.	Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes la nanotecnología les parece un tema aburrido	93
75.	Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes la nanotecnología les parece un tema interesante	94
76.	Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes la nanotecnología les parece un tema futurista	94
77.	Estudiantes universitarios que conocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería muy caro	95
78.	Estudiantes universitarios que conocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería caro	95
79.	Estudiantes universitarios que conocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería accesible	96
80.	Estudiantes universitarios que conocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería de bajo costo	96
81.	Estudiantes universitarios que desconocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería muy caro	97

82.	Estudiantes universitarios que desconocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería caro	97
83.	Estudiantes universitarios que desconocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería accesible	98
84.	Estudiantes universitarios que desconocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería de bajo costo	98
85.	Percepción económica de estudios de especialización en nanotecnología de los estudiantes universitarios	99
86.	Estudiantes universitarios que conocen el término a quienes les interesa participar en un curso de nanotecnología	99
87.	Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes les interesa participar en un curso de nanotecnología	100
88.	Estudiantes universitarios a quienes no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido al tiempo	100
89.	Estudiantes universitarios a quienes no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a que no es su área	100
90.	Estudiantes universitarios a quienes no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a que es necesario desarrollar más la física	101
91.	Estudiantes universitarios a quienes no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a que le interesan otras áreas	101

92.	Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de actualización	102
93.	Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialización	102
94.	Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialidad	103
95.	Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una maestría	103
96.	Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un doctorado	104
97.	Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de actualización	105
98.	Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialización	105
99.	Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialidad	106
100.	Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una maestría	106
101.	Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un doctorado	107
102.	Nivel de postgrado en nanotecnología que interesa a los alumnos universitarios	107
103.	Temas de interés dentro de la nanotecnología que interesa a los alumnos universitarios	108
104.	Edades de los alumnos interesados en curso a nivel de postgrado de nanotecnología	108
105.	Investigación y Desarrollo en las empresas	109

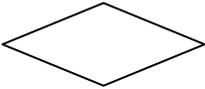
106.	Empresas que utilizan laboratorios propios	110
107.	Empresas que contratan servicios de laboratorios	110
108.	Empresas que no realizan investigaciones	111
109.	Percepción de la nanotecnología en las empresas	111
110.	Conocimiento de nanotecnología en las empresas	112
111.	Percepción económica de la nanotecnología en las empresas	112
112.	Porcentaje de interesados en nanotecnología de todos los encuestados	115
113.	Interacción entre la industria y la academia	120
114.	Diagrama Ishikawa de la falta de nanotecnología en Guatemala	124
115.	Fases del Programa Nacional de Nanotecnociencia	126
116.	Balanza analítica	169
117.	Analizador Termo gravimétrico TGA	170
118.	Difractometro de rayos X	171
119.	Calorímetro diferencial de barrido	172
120.	Pipetas digitales	172
121.	Agitador tipo Vortex	173
122.	Microscopio AFM	174
123.	Horno	175
124.	Balanza semianalítica	175
125.	Cristalería	176

TABLAS

I.	Actividades de Nanotecnología en Guatemala	20
----	--	----

II.	Profesores que laboran en la Universidad de San Carlos de Guatemala en Carreras Técnicas y Ciencias de la Salud	38
III.	Cálculo de la muestra para profesores que laboran en la Universidad de San Carlos de Guatemala en Carreras Técnicas y Ciencias de la Salud	41
IV.	Muestras para cada estrato para profesores que laboran en la Universidad de San Carlos de Guatemala en Carreras Técnicas y Ciencias de la Salud	42
V.	Inscripción total de estudiantes Pendientes de Exámenes Generales (P.E.G.)	43
VI.	Cálculo de la muestra para estudiantes Pendientes de Exámenes Generales (P.E.G.)	44
VII.	Muestra para cada estrato de alumnos universitarios Pendientes de Exámenes Generales	45
VIII.	Abreviaturas de las carreras universitarias	52
IX.	Empresas encuestadas	109
X.	Presupuesto para las instalaciones de un laboratorio de nanotecnología	168
XI.	Presupuesto para materiales y equipo de oficina	177
XII.	Presupuesto de equipo de laboratorio de nanotecnología	178
XIII.	Presupuesto Inversión Inicial para un laboratorio de nanotecnología	179
XIV.	Tabla de control y seguimiento del Programa Nacional de Nanotecnociencia	186

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Actividad administrativa en flujo de proceso.
	Decisión de flujo de proceso.
	Dirección del flujo de proceso.
ϵ	Error estimado en una muestra.
N_k	Número de estratos en una muestra.
p_k	Proporción de estratos.
\hat{p}_{est}	Proporción estimada.
Σ	Sumatoria.

GLOSARIO

Alótropo	Propiedad que poseen algunos elementos de presentarse en diferentes estructuras químicas.
Fullerenos	Alótropos de carbono.
Nano	Prefijo que indica 10^{-9} unidades de medida.
Nanómetro	Escala métrica que representa 10^{-9} metros.
Nanotecnología	Tecnología que manipula la materia a escala nanométrica.
Nanociencia	Ciencia que estudia la materia a escala nanométrica.
Nanotecnociencia	La ciencia y la tecnología que estudia y manipula la materia a escala nanométrica.

RESUMEN

El presente estudio demuestra la necesidad de un Programa Nacional de Nanotecnociencia que oriente hacia el desarrollo de la nanotecnología, la cual manipula la materia a escala nanométrica, identificando sus aplicaciones, líneas de investigación, regulaciones y su situación actual. Orientando hacia las mejoras en producción de energía, alimentos, agua, dispositivos, nuevos materiales y programas con el apoyo de la informática. Para así ayudar hacia la convergencia de las ciencias. Esta tecnología se está aplicando en la medicina, alimentación, seguridad, energía eléctrica, textiles, equipos electrónicos entre otros. El país necesita implementar este tipo de tecnología para tener industrias competitivas.

Con base en los resultados de una encuesta elaborada a algunas industrias guatemaltecas, se determinó que la mayoría saben que existe la nanotecnología, pero no piensan implementarla en un futuro cercano ya que piensan es muy cara la implementación de la misma.

Se realizó una encuesta a alumnos universitarios y a docentes de distintas carreras universitarias, con lo cual se determinó que la mayor demanda de nanotecnología se encuentra en las áreas de ingeniería mecánica industrial y mecánica, ingeniería química, ingeniería en ciencias y sistemas y medicina, no obstante en todas las demás áreas técnicas de la universidad la mayoría de estudiantes y profesionales, han encontrado el tema de nanotecnología interesante.

OBJETIVOS

General

Formular un programa nacional de nanotecnociencia para Guatemala, realizando un diálogo participativo y de consulta con diversos sectores público, privado y académico.

Específicos

1. Conocer las aplicaciones actuales de nanotecnociencia a nivel internacional.
2. Realizar un diagnóstico de la situación actual de Guatemala respecto a la nanotecnociencia.
3. Estructurar una propuesta para un programa nacional de nanotecnociencia.
4. Elaborar una propuesta de un plan estratégico para un programa nacional de nanotecnociencia.
5. Dar a conocer las áreas temáticas de nanotecnociencia en Guatemala.
6. Definir el proceso de implementación del programa nacional de nanotecnociencia para los tres sectores más importantes: estatal, académico e industrial.

7. Diseñar estrategias de seguimiento para la mejora continua del programa nacional de nanotecnociencia.

INTRODUCCIÓN

El estudio de Nanotecnociencia en el sector industrial, académico y estatal de Guatemala es importante debido a la necesidad de un Programa Nacional de Nanotecnociencia que oriente hacia el desarrollo de la nanotecnociencia, sus aplicaciones, líneas de investigación, regulaciones y su situación actual. Orientando hacia las mejoras en producción de energía, alimentos, agua, dispositivos, nuevos materiales y programas con el apoyo de la informática. Para así ayudar hacia la convergencia de las ciencias.

En la actualidad los países desarrollados cuentan con tecnologías emergentes capaces de transformar las propiedades de los materiales. Por medio de la nanotecnología, la cual manipula la materia a escala nanométrica. Esto ayuda a cambiar la estructura química de todos los compuestos. Esta tecnología se está aplicando en la medicina, alimentación, seguridad, energía eléctrica, textiles, equipos electrónicos entre otros.

La mayoría de países están en la etapa de investigación y experimentación. Pero empresas reconocidas como Nokia, Apple, Nike y Volvo ya están introduciendo al mercado nanoproduetos. Así como otras empresas europeas y japonesas que han lanzado productos innovadores.

Como por ejemplo: nanorobots capaces de introducirse al cuerpo humano y eliminar las células cancerígenas sin dañar las células saludables, pintura anti grafiti, vidrios que se limpian solos, ropa inteligente, y muchos productos más que ya están en el mercado y que están revolucionando la industria.

Actualmente en Guatemala una de las líneas prioritarias del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología es la investigación en nanotecnología para implementarla en el país, ya que la nanotecnología está considerada como uno de los motores de crecimiento económico, científico y social del siglo XXI, así como una de las claves de la sostenibilidad.

Esta tecnología puede ayudar a Guatemala a salir del subdesarrollo, pero actualmente no cuenta con equipo tan avanzado, ni con personal especializado para esta tecnología. Por lo que se ha iniciado por dar a conocer la nanociencia; es decir todos los conceptos, leyes y principios de la nanotecnología. En la Universidad de San Carlos de Guatemala se está impartiendo el curso de Especialización en Nanotecnología, el cual ha sido un gran avance, pero se debe definir las estrategias que se deben seguir para poder utilizar la nanotecnología.

Esta investigación generará resultados que serán de mucha utilidad para los tres sectores más importantes del país: academia, gobierno y principalmente industrias guatemaltecas que estén interesadas en aumentar su competitividad y ser parte de este gran avance tecnológico; para así enfrentar los retos que implica la globalización. Ya que en un futuro no muy lejano los productos creados con nanotecnología en otros países vendrán al mercado guatemalteco.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes históricos de la Universidad de San Carlos de Guatemala

La Real y Pontificia Universidad de San Carlos Borromeo de Guatemala fue fundada el 31 de enero de 1676 por Real Cédula de Carlos II siendo la cuarta universidad fundada en América.

Los pensadores más importantes de la historia de Guatemala se han formado en este centro de estudio. Siendo la Universidad de San Carlos la única universidad pública en Guatemala, se ha convertido también en la más importante.

En la época de la revolución guatemalteca se estableció su total autonomía, llegando a nivel constitucional. La trascendencia de sus estudiantes y de la misma se ha visto reflejada en diferentes épocas de importancia, desde la independencia de Guatemala, la Revolución de 1944, el conflicto armado guatemalteco y hasta la fecha.

1.1.1. Historia de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Los estudios universitarios aparecen en Guatemala desde mediados del siglo XVI, cuando el primer obispo del reino de Guatemala, Licenciado Don Francisco Marroquín, funda el Colegio Universitario de Santo Tomás, en 1562, para becados pobres; con las cátedras de filosofía, derecho y teología.

Los bienes dejados para el colegio universitario se aplicaron un siglo más tarde para formar el patrimonio económico de la Universidad de San Carlos, juntamente con los bienes que legó para fundarla, el Correo Mayor Pedro Crespo Suárez.

Hubo ya desde principios del siglo XVI otros colegios universitarios, como el Colegio de Santo Domingo y el Colegio de San Lucas, que obtuvieron licencia temporal de conferir grados.

Igualmente hubo estudios universitarios desde el siglo XVI, tanto en el Colegio Tridentino como en el Colegio de San Francisco, aunque no otorgaron grados. La Universidad de San Carlos logró categoría internacional, al ser declarada Pontificia por la Bula del Papa Inocencio XI, emitida con fecha 18 de junio de 1687.

Durante la época colonial, cruzaron sus aulas más de cinco mil estudiantes y además de las doctrinas escolásticas, se enseñaron la filosofía moderna y el pensamiento de los científicos ingleses y franceses del siglo XVIII.

Sus puertas estuvieron abiertas a todos: criollos, españoles, indígenas y entre sus primeros graduados se encuentran nombres de indígenas y personas de extracción popular.

La legislación contempló desde sus fases iniciales, el valor de la discusión académica, el comentario de textos, los cursos monográficos y la lección magistral. La libertad de criterio está ordenada en sus primeros estatutos, que exigen el conocimiento de doctrinas filosóficas opuestas dialéctica, para que el esfuerzo de la discusión beneficiara con sus aportes formativos la educación universitaria.

El afán de reforma pedagógica y de lograr cambios de criterios científicos es también una característica que data de los primeros años de su existencia. Fray Antonio de Goicoechea fue precursor de estas inquietudes.

En las ciencias jurídicas, cuyo estudio comprendía los derechos civil y canónico, también se registraron modificaciones significativas al incorporar el examen histórico del derecho civil y romano, así como el derecho de gentes, cuya introducción se remonta al siglo XVIII en la universidad. Asimismo, se crearon cátedras de economía política y de letras.

Esta universidad luchó por su autonomía, que había perdido a fines del siglo pasado, y la logró con fecha 9 de noviembre de 1944, decretada por la Junta Revolucionaria de Gobierno. Con ello se restableció el nombre tradicional de la Universidad de San Carlos de Guatemala y se le asignaron rentas propias para lograr un respaldo económico.

La Constitución de Guatemala emitida en 1945, consagró como principio fundamental la autonomía universitaria, y el Congreso de la República complementó las disposiciones de la Carta Magna con la emisión de una Ley Orgánica de la Universidad, y una Ley de Colegiación obligatoria para todos los graduados que ejerzan su profesión en Guatemala.

Desde septiembre de 1945, la Universidad de San Carlos de Guatemala funciona como entidad autónoma con autoridades elegidas por un cuerpo electoral, conforme el precepto legal establecido en su Ley Orgánica; y se ha venido normando por los siguientes principios que, entre otros, son el producto de la Reforma Universitaria en 1944: libertad de elegir autoridades universitarias y personal docente, o de ser electo para dichos cuerpos sin injerencia alguna del Estado.

También se incluyó la asignación de fondos que se manejan por el Consejo Superior Universitario con entera autonomía así como la libertad administrativa y ejecutiva para que la Universidad trabaje de acuerdo con las disposiciones del Consejo Superior Universitario.

La dotación de un patrimonio consistente en bienes registrados a nombre de la Universidad, la elección del personal docente por méritos, en examen de oposición, la participación estudiantil en las elecciones de autoridades universitarias y la participación de los profesionales catedráticos y no catedráticos en las elecciones de autoridades, fueron otros de los principios dentro de la Reforma Universitaria.

1.1.2. Misión

En su carácter de única universidad estatal le corresponde con exclusividad dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del estado y la educación estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones. Promoverá por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas nacionales.

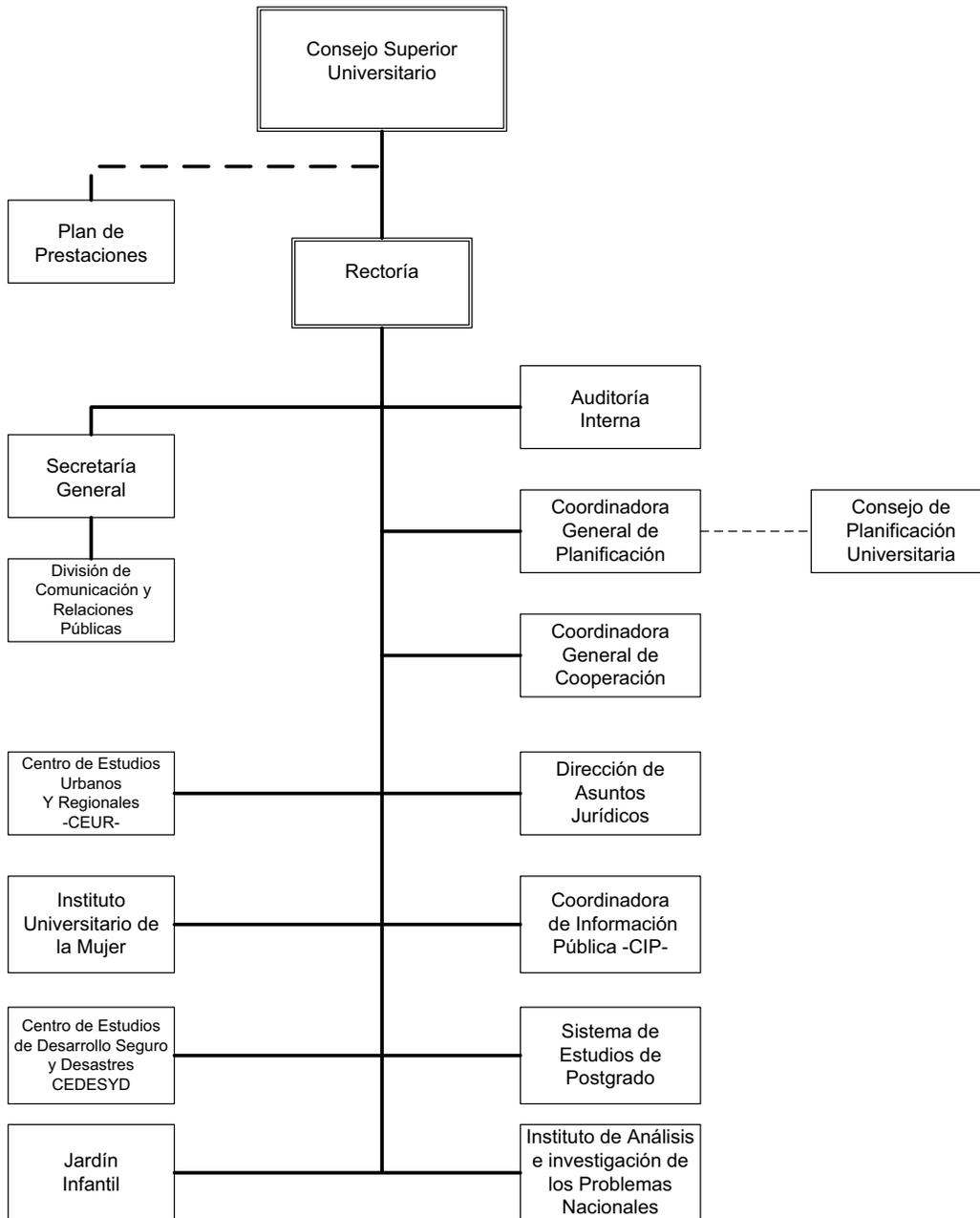
1.1.3. Visión

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la institución de educación superior estatal, autónoma, con una cultura democrática, con enfoque multi e intercultural, vinculada y comprometida con el desarrollo científico, social y humanista, con una gestión actualizada, dinámica y efectiva y con recursos óptimamente utilizados para alcanzar sus fines y objetivos, formadora de profesionales con principios éticos y excelencia académica.

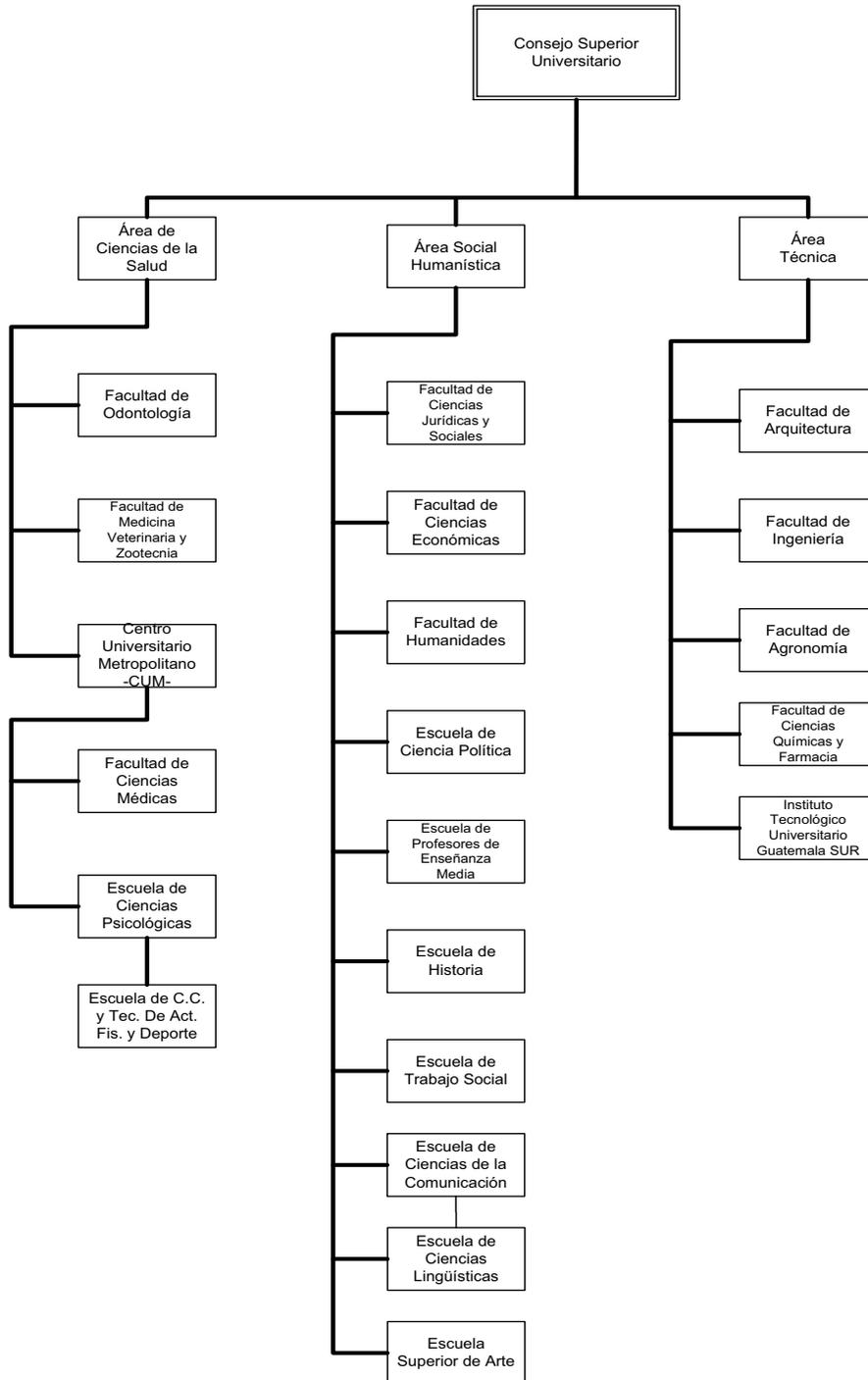
1.1.4. Estructura orgánica

La Estructura Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se encuentra integrada por unidades de decisión superior, unidades de apoyo funcional y las unidades ejecutoras del desarrollo de las funciones de docencia, investigación y extensión de la Universidad.

Figura 1. Organigrama de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Continúa Figura 1.



Fuente: www.usac.edu.gt

1.1.5. Dirección General de Investigación

La Dirección General de Investigación realiza actividades científico tecnológicas de carácter multidisciplinario mediante las funciones de gestión, coordinación, formación, publicación, difusión, capacitación y vinculación con el propósito fundamental de contribuir a la solución de los problemas nacionales y coyunturales.

1.1.5.1. Historia

El Sistema de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala -SINUSAC- se integra por el Subsistema Directivo, constituido por el Consejo Coordinador e Impulsor de la Investigación CONCIUSAC, el Subsistema Ejecutivo integrado por la Dirección General de Investigación DIGI y el Subsistema Operativo conformado por treinta y tres unidades, entre éstas los Institutos, Centros, Departamentos, Coordinaciones y Comisiones que administran investigación. Los Programas Universitarios de Investigación forman parte del subsistema operativo y constituyen las estrategias para abordar la problemática nacional.

En 1980 se aprobaron las políticas de Investigación de la Universidad, elaboradas por una comisión específica. El Consejo Superior Universitario en el Acta 16-81, punto 8º. Acuerda:

- Hacer cumplir la política de investigación aprobada en 1980;
- Solicitar al Rector que ordene la organización del Sistema de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Con la emisión del Acuerdo de Rectoría No. 495-81 de fecha 1 de julio de 1981, se institucionaliza el Sistema de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se crea la Dirección General de Investigación, se establece el Consejo Coordinador e Impulsor de la Investigación con representación de las Facultades y Escuelas no Facultativas y se establece que su función será de apoyo.

Por Acuerdo de Rectoría No. 1509-90 se reactiva el Sistema de Investigación y se reconceptualiza el CONCIUSAC como funciona en la actualidad, integrado por un delegado de cada Facultad, uno de cada Escuela no Facultativa, uno por cada Instituto o Centro de Investigación No adscrito a Unidad Académica alguna; uno del Centro Universitario de Occidente; uno por cada Centro Regional Universitario, uno de la Coordinadora General de Planificación, el Director General de Investigación y el Coordinador General de Programas de Investigación de la Dirección General de Investigación -DIGI-.

1.1.5.2. Misión

Es el órgano coordinador del Sistema de Investigación que administra y optimiza los recursos destinados a la investigación científica en la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como promueve y coordina la investigación científica a través de los programas universitarios creados para el efecto, y coadyuva al desarrollo nacional de manera integral a través de la generación y aplicación del conocimiento científico.

1.1.5.3. Visión

Ser el ente que impulse la solución de problemas nacionales a través de la generación del conocimiento científico, mediante la vinculación con todos los sectores de la sociedad y la promoción de la ciencia y la tecnología.

1.1.5.4. Organigrama

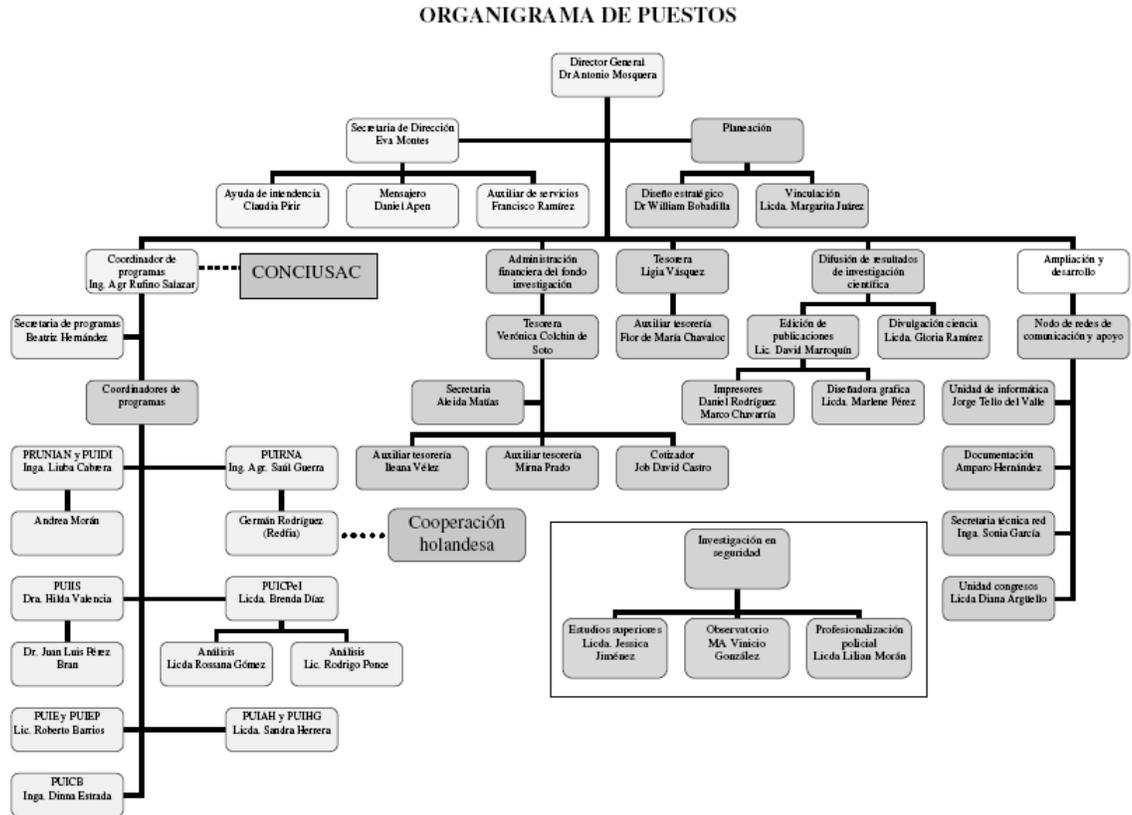
La DIGI está integrada por 32 personas, conforman una unidad funcional administrativa dependiente de la Rectoría. La organización de puestos combina funciones administrativas y de dirección académica. Existen cuatro demarcaciones sobre la base de atribuciones al puesto de trabajo:

- Coordinación de programas universitarios de investigación
- Administración financiera del fondo de investigación
- Difusión de resultados de investigación científica
- Nodo de redes de comunicación

Esta dirección recibe aportes como parte de un convenio que ha empezado a funcionar con la entidad MDF del Reino de los Países Bajos (Holanda) y de la Universidad de San Carlos de Guatemala. El Director General de la DIGI forma parte del Consejo Directivo de ese programa de cooperación.

Se gestionan otras alianzas internacionales y nacionales con el objetivo de potenciar la promoción de la investigación. No obstante, por el carácter inicial de los trámites no se hace mención de las mismas.

Figura 2. Organigrama de la Dirección General de Investigación, USAC



Fuente: www.usac.edu.gt

1.1.6. Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial

El programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial –PUIDI- se estableció en 1994. La comisión fundadora fue integrada por: Centro de Investigaciones –CCI-, Facultad de Ingeniería; Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales –IIES-, Facultad de Ciencias Económicas; Centro Universitario del Sur –CUNSUR; Escuela de Trabajo Social, Facultad de Agronomía, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

El programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial –PUIDI- constituye un conjunto de acciones y propuestas tendientes a apoyar a la solución de la problemática nacional, coadyuvando al desarrollo socioeconómico del país, en vinculación directa con los sectores productivos y de servicios.

Esta área del conocimiento es un reto constante para la investigación en la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser el espacio en el que convergen la ciencia, la tecnología y la innovación, por lo que se constituye como un eje estratégico para la investigación nacional.

El PUIDI persigue coordinar investigación prioritaria para el desarrollo industrial del país en coordinación con entidades relacionadas al área, tales como: la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología –SENACYT-, Cámara de Industria de Guatemala –CIG-, Asociación Guatemalteca de Exportadores –AGEXPORT-, Instituto Nacional de Estadística –INE-, Cámara de la Construcción, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial –ONUDI-, Federación de Entidades Privadas de Centroamérica y Panamá –FEDEPRICAP-.

1.1.6.1. Misión

“Somos la instancia colegiada de la Universidad de San Carlos de Guatemala que administra, coordina y gestiona con efectividad la investigación en desarrollo industrial y que fortalece a la docencia. Vinculamos el conocimiento científico tecnológico, con la realidad nacional, basados en líneas de investigación que priorizan el desarrollo económico y social de la industria nacional”.

1.1.6.2. Visión

“Seremos un programa que participa de manera clara y comprometida en la investigación, promoción y fortalecimiento de la industrialización de Guatemala, en el marco científico y tecnológico”.

1.1.6.3. Objetivos del programa

- Establecer, junto con el Coordinador, las líneas prioritarias de investigación en Desarrollo Industrial y proponerlas ante el CONCIUSAC para el desarrollo del Programa.
- Asesorar al Coordinador del Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial.
- Evaluar los proyectos de investigación presentados al Programa y proponerlos a CONCIUSAC para su financiamiento.
- Evaluar los avances intermedios y emitir opinión sobre los resultados finales de investigación de los proyectos aprobados.
- Contribuir en la elaboración de los documentos que estructuran estratégica y operativamente al programa.
- Representar ante el PUIDI a la Unidad Académica, Centro o Instituto de Investigación que los delegue.

- Prever tiempo de su contratación para asistir a las reuniones ordinarias y extraordinarias convocadas por el Coordinador del Programa de Investigación en Desarrollo Industrial.

1.2. Antecedentes históricos de la nanotecnociencia

Richard Feynman, ganador del premio Nobel de Física 1965, fue el primero en hacer referencia a las posibilidades de la nanociencia y la nanotecnología en el célebre discurso que dio en el Caltech del Instituto Tecnológico de California el 29 de diciembre de 1959, titulado "*En el fondo hay espacio de sobra*", originalmente titulado "*There's Plenty of Room at the Bottom*".

Este gran personaje auguraba una gran cantidad de nuevos descubrimientos si se pudiera fabricar materiales de dimensiones atómicas o moleculares. Hubo que esperar varios años para que el avance en las técnicas experimentales, culminado en los años 80 con la aparición de la Microscopía Túnel de Barrido (STM) o de Fuerza Atómica (AFM).

Esto hizo posible primero observar los materiales a escala atómica y, después, manipular átomos individuales. A pesar de esto en 1966 se realiza la película "Viaje alucinante" que cuenta la travesía de unos científicos a través del cuerpo humano. Los científicos reducen su tamaño al de una partícula y se introducen en el interior del cuerpo de un investigador para destrozarse el tumor que le está matando. Por primera vez en la historia, se considera esto como una verdadera posibilidad científica.

En 1985 Robert F. Curl Jr., Harold W. Kroto y Richard E. Smalley descubrieron los *buckminsterfullerenes*, los cuales son una nanoestructura compuesta de 60 átomos de carbono siendo su nombre químico C60 estructurados en un espacio cerrado y perfectamente simétrico, tienen propiedades extraordinarias, especialmente como superconductores de alrededor de un nanómetro de diámetro. Con este descubrimiento sentaron las bases para un paso más en el desarrollo de la nanotecnología, en 1996 obtuvieron el Premio Nobel de Química.

En 1997 se fabrica la guitarra más pequeña del mundo teniendo esta el tamaño aproximadamente de una célula roja de sangre y en 1998 se logra convertir a un nanotubo de carbón en un nanolápiz que se puede utilizar para escribir.

En el 2001 James Gimzewski entra en el libro de récords Guinness por haber inventado la calculadora más pequeña del mundo. A pesar que hace sólo una década comenzó el despegue mundial de este nuevo campo científico, hoy existen cerca de tres mil productos generados con nanotecnología, la mayoría para usos industriales, aunque las investigaciones más avanzadas se registran en el campo de la medicina y la biología.

1.2.1. Situación internacional

Los dirigentes de la política científica de los países avanzados están desarrollando mecanismos que asienten e impulsen el desarrollo nanotecnológico. En Estados Unidos la *National Science Foundation* (NSF) lanzó en 2003 el plan NNI *National Nanotechnology Initiative*.

Por el cual se destinan casi mil millones de dólares para fomentar, la investigación multidisciplinar entre equipos de investigación que trabajen para obtener objetivos a largo plazo en el área de la nanociencia y nanoingeniería. Durante el 2005 se invirtió en este campo 980 millones de dólares en su centro nacional.

Japón cuenta también con un poderoso plan soportado desde los sectores industriales y el gobierno. En países como Corea, Singapur, o Taiwán, la iniciativa fundamentalmente tiene base industrial, liderada por los grandes consorcios de la microelectrónica o automoción que allí se establecieron o formaron durante las últimas décadas. Por ejemplo la empresa Samsung dedica más de 500 personas a desarrollos basados en nanotecnología en un centro de investigación creado hace seis años.

En Europa, se han ido estableciendo poco a poco planes nacionales o europeos donde la Nanotecnología se presenta como un punto clave. Así, la Unión Europea, lanzó ya en el V Programa Marco de la UE la iniciativa NID *Nanotechnology Information Devices*, dentro del plan IST *Information Society Technologies*, que intenta fomentar la creación de consorcios con la finalidad de no perder terreno frente a los EE.UU. o Japón. Así, desde el 2005 se han invertido más de 1.300 millones de euros anuales en el desarrollo de nuevos dispositivos basados en esta tecnología.

En cuanto a España, es preciso decir que son las universidades y el CSIC (Centro Superior de Investigaciones Científicas) las que impulsan proyectos y líneas de estudio con investigaciones diversas como el Instituto de Biología Molecular de Barcelona (ciudad en la que se iniciará la construcción, en febrero, del nuevo Centro de Investigación en Nanociencia y Nanotecnología ubicado en la UAB).

También cuentan con el Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología (ISOM); el Instituto Universitario de Investigación en Nanociencia de Aragón; y el Laboratorio de Física de Sistemas Pequeños y Nanotecnología del CSIC.

A pesar de que hace sólo una década que comenzó el "despegue mundial" de este nuevo campo científico, hoy existen cerca de tres mil productos generados con nanotecnología, la mayoría para usos industriales, aunque las investigaciones más avanzadas se registran en el campo de la medicina y la biología.

1.2.1.1. Nanotecnociencia en Iberoamérica

Destacados científicos hacen referencia sobre la capacidad de la nanotecnología para producir un impacto significativo en la sociedad. Todo ello ha llevado a la incorporación de la nanotecnología como una cuestión central en los sistemas de ciencia, tecnología e innovación de los países más industrializados, que están invirtiendo cifras millonarias, crecientes cada año, en las actividades públicas y privadas de investigación y desarrollo en esta área.

En los años ochenta se comenzaron a desarrollar los primeros nanodispositivos basados en las extraordinarias propiedades de los pozos cuánticos de semiconductor con dimensiones nanométricas.

Estos fueron los diodos láser inventados por el físico ruso Zhores Alferov en los años setenta, quien más tarde fue ganador del Premio Nobel en el 2001.

El impacto socioeconómico de estos dispositivos resulta actualmente enorme y representa una pequeña muestra de los avances en el futuro. Así, los cabezales de lectura que están presentes en cualquier equipo reproductor o grabador de CDs y DVDs, son sistemas ópticos miniaturizados que incorporan un láser de pozo cuántico y se fabrican muchos cientos de millones de unidades al año.

La nanotecnología se ha integrado masivamente en la sociedad contemporánea, que es la sociedad de las tecnologías de la información y la comunicación y es la sociedad del conocimiento.

La necesidad de no ser solamente espectadores de esta potencial “nueva revolución industrial” ha llevado a algunos países iberoamericanos a desarrollar programas orientados específicamente a la promoción de la nanotecnología.

Las autoridades de estos países tienen crecientemente la percepción de que la nanotecnología puede impactar positivamente en la energía (a través de nuevos catalizadores para celdas combustibles y nuevos sistemas de almacenamiento de hidrógeno), la salud (con nuevos, más económicos y más eficientes medicamentos) y el medio ambiente (gracias a los sensores y biosensores para el control ambiental, y a nuevos métodos de descontaminación).

También a los alimentos (con especial referencia al control de calidad) y la agricultura (proveyendo métodos más económicos de filtración y desalinización de aguas), entre otros temas de particular interés en la región.

Desde un punto de vista más amplio, la nanotecnología es crecientemente percibida por autoridades y especialistas como una oportunidad de reducir la brecha con los países más industrializados dado el carácter disruptivo que presentará sobre algunas de las actuales tecnologías.

España y Brasil son los pioneros y actualmente los líderes de Iberoamérica en materia de producción científica y desarrollo tecnológico en nanotecnología. Luego se tienen a países como México, Argentina y Chile quienes también muestran grandes avances nanotecnológicos. La actividad en los otros países iberoamericanos es actualmente poco significativa, aunque se evidencia que existe un interés creciente en la nanotecnología. Todos los países presentan en mayor o menor medida grupos científicos involucrados en la investigación en este campo, lo cual se traduce, entre otros aspectos, en la conformación de redes regionales de conocimiento.

1.2.2. Nanotecnociencia en Guatemala

En Guatemala se han realizado diferentes actividades para dar a conocer la nanotecnología éstas organizadas por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

En el 2009 se llevó a cabo el congreso de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde el tema principal es “Ciencia e innovación mecánica”. Dentro de la temática de este congreso se tuvo temas como: implementación de nanotecnologías, desarrollo y aplicación de nuevos nano-materiales en el diseño mecánico, modelación y simulación de prototipos mecánicos por medio de *software* de avanzada, nanotribología y nanomecatrónica.

También se realizó el Taller de Prospectiva de Nanotecnología en el cual se reunieron expertos en el tema para definir las líneas de investigación, para la propuesta del Programa Nacional de Nanotecnología, el cual se describe en el capítulo 3.

Tabla I. **Actividades de Nanotecnología en Guatemala**

Año	Actividad	Institución
2006	Talleres para la difusión de la Nanotecnología y sus aplicaciones.	DIGI-SENACYT
2006	III Congreso Nacional de Ingeniería Química “Ser humano, medio ambiente, desarrollo y equilibrio”	Colegio de Ingenieros Químicos
2007-2009	Semana Nacional de Ciencia y Tecnología	DIGI - SENACYT
2008	Simposio sobre la Enseñanza de la Nanotecnología en la Educación Superior	DIGI - SENACYT
2008	Capacitación en Nanobiotecnología para fomentar el Desarrollo Científico y Tecnológico de los Bio-Nano-Materiales en Guatemala	Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC-SENACYT
2008-2009	Encuentro con las Ciencias Naturales y Exactas	Universidad Internaciones

Continúa Tabla I.

2009	Postgrado de Especialización en Nanotecnología	DIGI-SENACYT
2009	Foro de Nanotecnología y Mecánica	RETORÍA – DIGI - USAC
2009	Entrega de Libros sobre Nanotecnología a la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala	SENACYT
2009	Congreso de Ingeniería Mecánica “Ciencia e innovación mecánica”, Tema principal: Nanotecnología	USAC- FACULTAD DE INGENIERÍA
2009	Taller Prospectiva de Nanotecnociencia en el Sector Industrial Académico y Estatal de Guatemala	DIGI-USAC

Fuente: elaboración propia.

1.3. Definición de nanotecnociencia

La nanotecnociencia se refiere a la combinación de la investigación y desarrollo de conocimientos y habilidades, a escala nanométrica. Por lo que es la unión de la nanotecnología con la nanociencia. Teniendo así la capacidad de creación de materiales funcionales, dispositivos y sistemas a través del control de la materia a nivel atómico y molecular.

Es una actividad fuertemente interdisciplinaria que involucra a la física, la química, la biología, la medicina y la ingeniería, entre otras.

Las nanociencias son las generadoras del conocimiento básico sobre esta fenomenología específica de la escala mesoscópica, tanto desde el punto de vista de la física, como de la química o de la biología, mientras que las nanotecnologías se refieren a las técnicas de observación, manipulación y fabricación de nanoestructuras y de dispositivos en esa escala. Por ello, las nanotecnologías son consideradas ya, estrictamente, como nuevas ingenierías del siglo XXI, basadas en los conocimientos aportados por la investigación en nanociencias.

Desde un punto de vista formal, la nanotecnología se refiere a la comprensión y al control de la materia en escalas de tamaño menores a los 100 nm ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$). En esta escala, que se denomina escala mesoscópica, aparecen fenómenos únicos, originados en la naturaleza cuántica de la materia, que pueden ser utilizados para nuevas aplicaciones.

1.3.1. Conceptos generales

- Nanoescala

El nanómetro es la unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro.

- Escala atómica o molecular

Es la escala que se maneja alrededor de 0.2 nanómetros.

- Nanomateriales

Estos son materiales con propiedades morfológicas más pequeñas que una décima de micrómetro en al menos una dimensión entre la nanoescala y la escala atómica/molecular.

Una peculiaridad de estos materiales es que presentan una superficie muy elevada respecto a su volumen, lo que produce una mayor reactividad en los campos de absorción o catálisis. Teniendo como ventaja en la capacidad de modificar sus propiedades fundamentales, como magnetización, ópticas, temperatura de fusión con respecto a los materiales de escala micro o macroscópicas. En general los materiales reducidos a nanoescala muestran repentinamente propiedades muy diferentes en comparación a las que presentan a macroescala, lo que hace que tengan aplicaciones únicas.

Por ejemplo, sustancias opacas llegan a ser transparentes (cobre), materiales inertes se convierten en catalizadores (platino); sólidos se convierten en líquidos a temperatura ambiente (oro); aislantes se tornan en conductores (silicio).

- Nanopartículas

Las *nanosize*, partículas de polvo que son unos cuantos nanómetros de diámetro, también llamadas nanopartículas. Son muy importantes en cerámica, metalurgia de polvos, el logro de uniforme porosidad y aplicaciones similares, se han utilizado también como puntos cuánticos y como catalizadores químicos.

Algunas de las propiedades especiales de las nanopartículas son:

- La flexión de grueso de cobre (alambre, cinta, etc.) se produce con el movimiento de los átomos de cobre/agrupaciones más o menos en la escala de 50 nm.
 - Los materiales ferro eléctricos de menos de 10 nm puede cambiar su dirección magnetización temperatura ambiente utilizando energía térmica.
 - Suspensiones de nanopartículas son posibles debido a la interacción de las partículas superficiales con el disolvente es lo suficientemente fuerte como para superar las diferencias en la densidad, que produce a un hundimiento.
 - También estas nanopartículas tienen muchas veces inesperadas propiedades visibles porque son tan pequeños que limitan sus electrones y producen efectos cuánticos. Por ejemplo el oro nanopartículas aparecen de color rojo profundo a negro en solución.
- *Fullerenos*

Fullerenos Buckminsterfullereno C 60, también conocido como la *Buckyball*, es el más pequeño de los *fullerenos*. Estos son una clase de alótopos de carbono los mismos con conceptualmente hojas de *graphene* enrolladas en tubos o esfera. Aquí se incluyen los nanotubos de carbono de interés debido a su resistencia mecánica y sus propiedades.

En 2003, los *fullerenos* fueron estudiados por su posible uso medicinal, vinculado a antibióticos específicos a estructuras para orientar a bacterias resistentes, y algunas células objetivo de cáncer como el melanoma. Pero lo más estudiado es su resistencia al calor y la superconductividad. Un método muy utilizado para la producción de *fullerenos* es el envío de una gran corriente entre dos electrodos de grafito cerca en una atmósfera inerte.

1.4. Avances en nanotecnociencia

Tanto la nanociencia como la nanotecnología han avanzado de manera muy diferente en todos los países, mientras en algunos países se cuentan con nanoproductos patentados, en otros todavía no se sabe el concepto “nano”. Las áreas de investigación también varían en los distintos países, ya que cada país desarrolla la nanotecnología en el área que mas podría ser útil para el mismo. A continuación se describen los avances nanotecnológicos de los países que más han invertido económicamente en esta tecnología.

1.4.1. Japón

Los recientes progresos en la investigación y el desarrollo de la nanotecnología en Japón han aumentado la velocidad de la miniaturización en la industria manufacturera, que ha tenido un gran impacto en diversos productos. Además, las nuevas nanotecnologías que benefician el medio ambiente han atraído mucha atención recientemente. La nanotecnología se espera que sirva como una tecnología fundamental para satisfacer la demanda de desarrollos que reducen el impacto ambiental y las emisiones globales de CO₂.

En concreto, la nanotecnología se ha convertido en este país en la tecnología de base para crear los dispositivos de energía limpia, como las células solares y pilas de combustible, así como los suelos y las tecnologías de purificación de agua mediante la aplicación de los nanomateriales.

La nanotecnología también juega un papel central en la investigación y el desarrollo de materiales ligeros, lo que ahorra energía para automóviles y otros productos.

1.4.2. España

En España se comenzó a impulsar formalmente la nanotecnología mediante la creación de la Red Española de Nanotecnología (NANOSPAIN) y la publicación de un Plan Estratégico en Nanociencias y Nanotecnología en 2004. NANOSPAIN cuenta con 250 grupos y empresas asociadas que comprenden 1.200 doctores con actividad científica en este campo. Una gran parte de sus miembros más activos proceden de las disciplinas de materiales (materiales nanoestructurados), de la química y de la física, con una escasa participación de la biología.

Se ha hecho un importante esfuerzo en la creación de centros de investigación dedicados fundamental o exclusivamente a nanociencias y nanotecnología. Entre ellos, muy recientemente se ha creado el *International Iberian Nanotechnology Laboratory* (INL) como iniciativa conjunta de España y Portugal. Como se comprueba a lo largo de este estudio, la producción científica en nanotecnología de la investigación española (y, en menor escala, también de la portuguesa) es muy abundante y en muchos casos los resultados alcanzan un excelente nivel internacional.

Sin embargo, resulta todavía escasa -aunque se encuentra en rápido aumento en ambos países de la península ibérica la relevancia industrial de estas investigaciones y son relativamente pocas las patentes en explotación.

1.4.3. Brasil

Brasil lanzó en el 2001 la Iniciativa Brasileira en Nanotecnología, que culminó en el Programa de Desenvolvimento da Nanotecnología e Nanociencia del Plan Plurianual 2004-2007 (2003) del Ministerio de Ciencia e Tecnología (MCT) con un importante presupuesto, el más alto de América Latina. Cuenta con instalaciones avanzadas para la investigación, como el Laboratorio Nacional de Luz Sincrotrón, el único sincrotrón disponible en todo el hemisferio Sur, el recientemente conformado Instituto de Metrología, *Normalizao e Qualidade Industrial*, el Centro Brasileiro de Pesquisas em Física y el Centro de Excelencia em Tecnologia Eletrônica.

Este programa brasileño de nanotecnología reúne unos 1.000 científicos agrupados en diez redes de trabajo que se encuentran actualmente ejecutando distintos proyectos.

1.4.4. México

En México, la nanotecnología también se ha ganado un espacio importante. En esta actividad participan 20 centros de investigación y universidades en todo el país, involucrando unos 250 investigadores. Se han creado redes de investigación en las que participan instituciones nacionales e internacionales. En particular, existe una importante colaboración con Estados Unidos y la Comunidad Europea.

Si bien no existe en México un programa nacional dedicado a la nanotecnología, existen varios proyectos en el área de nanomateriales. México también participa en el diseño y desarrollo de los llamados Sistemas Micro/Nano-Electromecánicos.

1.4.5. Portugal

Los líderes de España y Portugal han creado un centro de investigación conjunta de la nanotecnología el cual se convertirá en uno de los principales laboratorios del mundo.

El centro llevará a cabo la investigación en nanomedicina, la vigilancia del medio ambiente y la manipulación molecular. Los dos países ibéricos han invertido € 98.5 millones en el centro y se espera que paguen los costos anuales de € 30 millones por año. En la futura adhesión es probable que se abra a otros países de todo el mundo. El Laboratorio Ibérico de Nanotecnología (INL), se encuentra en el norte de Portugal. La instalación será el laboratorio de nanotecnología siempre otorgado por primera vez con el estatuto de una organización internacional.

El centro se estará plenamente operando en el verano de 2010. Su objetivo es contratar a 100 estudiantes de doctorado y 200 científicos de todo el mundo, incluyendo a los líderes en el campo de la investigación submoleculares. Cuarenta científicos ya están trabajando en el laboratorio y están recibiendo formación especializada. Con este proyecto, Portugal será un nuevo atlas de la innovación y harán nuevos descubrimientos.

Su objetivo es competir en la frontera del desarrollo tecnológico, en una de las más prometedoras y exigente campo de la ciencia y el conocimiento. El INL es el resultado de una decisión conjunta adoptada en noviembre de 2005 por los gobiernos de Portugal y España en el Portugal-España de la Cumbre, en Évora. En la cumbre el compromiso de ambos gobiernos a una fuerte cooperación en la ciencia y la tecnología ambiciosas empresas conjuntas para el futuro.

1.4.6. Argentina

Argentina comenzó su actividad en nanotecnología más tarde que Brasil. En 2004 convoca a la presentación de proyectos de nanotecnología en un programa orientado a atender áreas de vacancia de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT). En 2005 son aprobadas cuatro redes en nanociencias y nanotecnología que reúnen a unos 250 científicos, las cuales son finalmente financiadas en 2007. En 2005 es creado el Centro Argentino-Brasileño de Nanociencia y Nanotecnología (CABN) destinado a la coordinación de acciones conjuntas con Brasil en este campo, en particular la formación de recursos humanos a través de escuelas y talleres y la realización de conferencias.

Ese mismo año, es creada también la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) con el propósito de fomentar el potencial innovador de la nanotecnología, en este caso a través de la financiación de proyectos de empresas o instituciones que culminen en productos tecnológicos o patentes. Además, en 2007 se aprobó la creación del Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología (CINN) que comprende unos 100 investigadores distribuidos en los cuatro centros públicos que concentran la mayor actividad de investigación en este campo.

Por otra parte, está actualmente en ejecución un importante programa de equipamiento, con el objetivo de permitir la adquisición de nuevas técnicas y el reemplazo de unidades obsoletas. En el corto plazo se comenzará también con la mejora de la infraestructura de las instituciones.

La nanotecnología constituye así una de las tres principales áreas (junto con la biotecnología y las tecnologías de la información y la comunicación) que están siendo promovidas desde el recientemente creado Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT).

1.4.7. Chile

En Chile existe un creciente interés de la comunidad científica en las nanociencias y las nanotecnologías. Varias universidades y centros están ejecutando proyectos de investigación, particularmente en el área de los nanomateriales y en física de los sistemas en la nanoescala. Con apoyo de las autoridades nacionales se realizó a comienzos de 2008 un taller internacional sobre nanotecnología que reunió a un grupo importante de investigadores de Chile y extranjeros. En esa reunión se analizó posible esquemas para potenciar la investigación básica y aplicada de Chile en este campo.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA NANOTENCOCENCIA EN GUATEMALA

2.1. Estudio de mercado

El presente estudio pretende establecer la demanda existente de profesionales y empresas para los estudios de nanotecnología en Guatemala, para así determinar el mercado objetivo de esta tecnología, y definir las estrategias de mercado para llegar a los interesados.

2.1.1. Metodología

Se realizaron entrevistas a catedráticos de distintas universidades y alumnos universitarios de último año, principalmente en la Universidad de San Carlos de Guatemala, en estas entrevistas se evaluó el nivel de conocimiento que tienen sobre nanotecnología, la percepción que tienen del costo de un estudio de especialización en esta tecnología y las áreas de interés científicas que involucran nanotecnología.

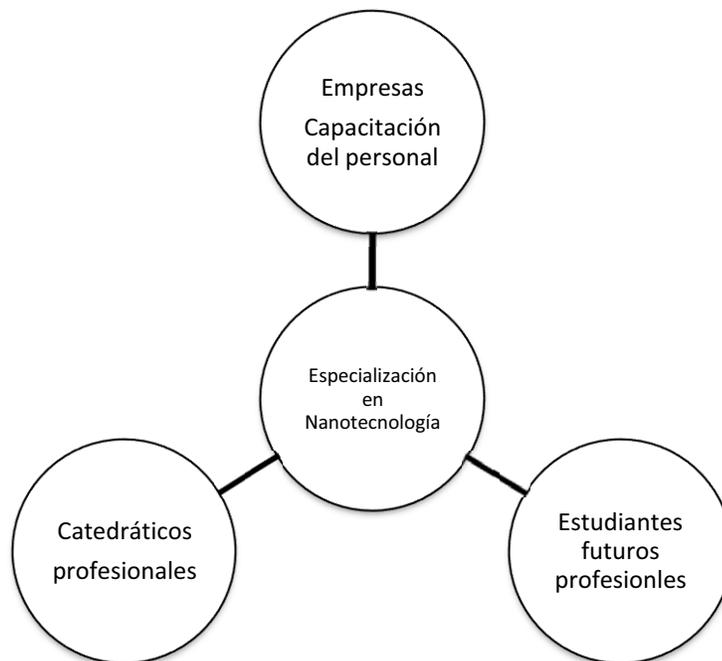
Estas entrevistas se realizaron en las carreras técnicas y de ciencias de la salud. Ya que la nanotecnología es multidisciplinaria, las facultades que formaron parte de la muestra fueron: Facultad de Ingeniería, Facultad de Ciencias Médicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Facultad de Odontología, Facultad de Veterinaria y Zootecnia y la Facultad de Agronomía.

Para evaluar la demanda que existe de nanotecnología en el sector empresarial, se realizaron encuestas telefónicas y visitas técnicas a distintas industrias. En estas se analizó si contaban con departamento de investigación y desarrollo, el conocimiento sobre nanotecnología y el interés en invertir en tecnologías vanguardistas.

2.1.2. Sectores

La demanda de esta tecnología para este análisis se dividió en tres sectores: los catedráticos, alumnos de último año y empresas.

Figura 3. **Sectores del mercado de nanotecnología**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2.1. Industria

Las industrias juegan un papel muy importante en la implementación de la nanotecnología, ya que son éstas las que en un futuro tendrán que utilizar esta tecnología para crear nuevos productos que puedan ser competitivos con los productos provenientes del extranjero.

Al implementar esta tecnología, se sabe que deben invertir en capacitación para que su personal esté preparado cuando esta tecnología llegue al país, es por eso importante que las empresas sepan lo importante que es iniciar la inversión en su personal.

2.1.2.2. Academia

Para tener nanotecnología en el país, antes se debe tener un amplio conocimiento sobre esta tecnología, es decir, se debe conocer todos los conceptos básicos y teóricos, luego debe invertirse en laboratorios para que se pueda aprender todo lo práctico y luego ya teniendo personal altamente calificado, podrá invertirse en maquinaria para crear productos nanotecnológicos.

Todo esto requiere una gran inversión y tiempo, ya que todos los nanoproductos que ya están en el extranjero, no tardarán mucho para venir a Guatemala, ya cuando estén en el mercado, las industrias guatemaltecas se verán en la necesidad de invertir en nuevas tecnologías. Por el momento la mayoría de las pequeñas industrias no cuentan con departamento de investigación y desarrollo, y esto será una gran desventaja en el momento que esto suceda.

Por lo que debe iniciarse el proceso de implementación dando a conocer el concepto de nanotecnología ya que gracias a este estudio, se sabe que las personas que sí conocen el término de nanotecnología les interesa el tema, por lo que se debe difundir el concepto para que existan más personas que lo conozcan y por ende más personas interesadas.

2.1.2.2.1. Universidad

- Catedráticos universitarios

Los profesionales deben mantener una actualización constante, y deben ser parte de todos los cambios tecnológicos que se dan en su entorno, para brindar una enseñanza que ayude a los estudiantes a enfrentar los retos de la globalización y del avance tecnológico.

Por lo que uno de los mercados objetivos del curso de postgrado en nanotecnología son los catedráticos universitarios, porque estos darán a conocer sus conocimientos a los futuros profesionales y así puedan despertar un interés en estos jóvenes para que más adelante formen parte de estos estudios.

- Alumnos universitarios

Los alumnos universitarios están fijando actualmente su camino, es por eso que son una parte muy importante del mercado de la nanotecnología, ya que están a punto de definir su área de especialización y son parte de todos estos cambios tecnológicos. Ya que son los que consumen los productos y están al tanto de los avances en estos.

2.1.2.2. Instituciones de educación primaria

Es importante dar a conocer todo lo que puede hacerse ahora con la nanotecnología desde la educación primaria, para que los alumnos estén familiarizados con todo lo que acontece en el entorno. A los niños les interesa mucho este tipo de temas debido a todos los inventos que se hacen con esta tecnología, por lo que puede enseñárseles de una manera muy dinámica el concepto nano.

2.1.2.3. Instituciones de educación secundaria

En diversificado puede darse a conocer la nanotecnología en el curso de química, ya que es en ese curso donde se aprenden los prefijos para las unidades de medidas, entre ellos el prefijo “nano”. Para cuando los alumnos estén en ese tema puede sugerírseles a los colegios e institutos que se les brinde un taller de información, para conocer qué es la nanotecnología y los avances de otros países.

2.1.2.3. Estado

El Estado de Guatemala está comprometido al desarrollo tecnológico del país, sobre todo durante la grave crisis económica, entonces se ve obligado a ver que es importante la inversión tecnológica para asegurar nuestras instituciones y sociedades, ya que el progreso y el bienestar de la Nación dependen de más innovación y educación.

2.1.3. Herramientas

Para realizar el estudio de mercado de nanotecnología en el sector académico, industrial y estatal de Guatemala, se diseñaron diferentes encuestas y se realizaron entrevistas a los diferentes sectores anteriormente descritos.

2.1.3.1. Encuestas

La herramienta utilizada para las entrevistas fue una encuesta diseñada especialmente para cada sector de nuestro mercado objetivo.

2.1.3.2. Entrevistas

Se realizaron entrevistas a profesionales, alumnos universitarios, así como también a alumnos de colegios quienes asistieron a la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología realizada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONCYT. En estas entrevistas se pedía a cada participante dar su propia definición de nanotecnología, para así analizar con que relacionan la palabra nanotecnología.

2.1.4. Análisis de la demanda

Es importante conocer cuál es la demanda prevista en la nanotecnología, es decir quiénes son las personas interesadas en estudiar la ciencia de la nanotecnología y quienes son las empresas a quienes les interesa y tienen la capacidad de implementar esta tecnología. Para determinar a quienes irá dirigida la divulgación.

2.1.4.1. Mercado objetivo

El análisis del mercado objetivo tiene como objeto caracterizar a los interesados actuales y potenciales en nanotecnología, identificando el concepto que tienen de la misma, medios por los cuales obtuvieron información de esta tecnología, sus áreas de investigación preferentes, etc., para obtener un perfil sobre el cual pueda basarse las estrategias a tomar para la difusión de la nanociencia.

2.1.4.2. Determinación del mercado objetivo

El mercado objetivo para la nanociencia, será primordialmente los docentes universitarios de carreras técnicas y de ciencias de la salud, además estudiantes de último año de estas mismas carreras, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. También se encuentra dentro del mercado objetivo las industrias guatemaltecas grandes y medianas que elaboren diferentes productos como plásticos, textiles, alimentos, etc.

2.1.4.3. Determinación del tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra representativa y significativa del mercado meta, se hizo una selección de la muestra estratificada a partir de la población seleccionada siguiente:

Tabla II. **Profesores que laboran en la Universidad de San Carlos de Guatemala en Carreras Técnicas y Ciencias de la Salud**

	UNIDAD ACADÉMICA	No. Profesores
1	FACULTAD DE AGRONOMÍA	77
2	FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS	270
	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA	
3	Químico	29
4	Químico Biólogo	27
5	Químico Farmacéutico	26
6	Biólogo	23
7	Nutricionista	19
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
8	Ingeniero Civil	36
9	Ingeniero Químico	32
10	Ingeniero Mecánico	23
11	Ingeniero Electricista	31
12	Ingeniero Industrial	38
13	Ingeniero Mecánico Electricista	15
14	Ingeniero Mecánico Industrial	21
15	Ingeniero en Ciencias y Sistemas	34
16	Ingeniero Electrónico	22
17	Licenciado en Física Aplicada	7
	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA	
18	Cirujano Dentista	112
	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	
19	Médico Veterinario	38
20	Zootecnista	25
	TOTAL PROFESORES	905

Fuente: Departamento de Registro y Estadística, USAC

Donde;

N_k = número de profesores en cada estrato

p_k = proporción poblacional estimada

Para todos los estratos p_k es la probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población, homogeneidad, y está determinada por:

$$p + q = 1$$

$$\text{Probabilidad máxima: } p = 1 - q$$

Entonces;

$$p = 1 - 0.5 = 0.5$$

Por lo que para todos los estratos $p = 0.5$.

€: Error asumido en el cálculo. Toda expresión que se calcula contiene un error de cálculo debido a las aproximaciones decimales que surgen en la división por decimales, error en la selección de la muestra, entre otras, por lo que este error se puede asumir entre un 1 hasta un 10%; es decir, que se asume en valores de probabilidad correspondiente entre un 0.01 hasta un 0.1.

No obstante, se propone la siguiente tabla para valores óptimos del error para el cálculo del número de estratos de una muestra:

Para $3 \leq N \leq 10$ ----- Se asume $\epsilon = 0.1$ (un error del 10 %).

Para $N > 10$ ----- Se asume $\epsilon = 0.05$ (un error del 5 %).

Como tenemos un N mayor a 10 se toma $\epsilon = 0.05$.

Para encontrar el número de la muestra para cada estrato se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\sum_{k=1}^L N_k \sqrt{p_k(1 - p_k)} = N_1 \sqrt{\hat{p}_1(1 - \hat{p}_1)} + N_2 \sqrt{\hat{p}_2(1 - \hat{p}_2)} + N_3 \sqrt{\hat{p}_3(1 - \hat{p}_3)}$$

$$\mathbf{w}_i = \frac{N_i \sqrt{\hat{p}_i(1 - \hat{p}_i)}}{\sum_{k=1}^L N_k \sqrt{p_k(1 - p_k)}}$$

$$\sum_{i=1}^L \frac{N_i^2 p_i(1 - p_i)}{w_i} = \frac{N_1^2 \hat{p}_1(1 - \hat{p}_1)}{w_1} + \frac{N_2 \hat{p}_2(1 - \hat{p}_2)}{w_2} + \frac{N_3 \hat{p}_3(1 - \hat{p}_3)}{w_3}$$

$$n_i = w_i n \quad i = 1, 2, \dots, L$$

$$\hat{V}(\hat{p}_{est}) = \frac{\varepsilon^2}{4} = D$$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L \frac{N_i^2 p_i(1 - p_i)}{w_i}}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i p_i(1 - p_i)}$$

Tabla III. Cálculo de la muestra para profesores que laboran en la Universidad de San Carlos de Guatemala en Carreras Técnicas y Ciencias de la Salud

k	ESTRATO	N_k	p_k	$N_k \sqrt{p_k(1-p_k)}$	$w_k = \frac{N_k \sqrt{p_k(1-p_k)}}{\sum_{k=1}^L N_k \sqrt{p_k(1-p_k)}}$	$\frac{N_k^2 p_k(1-p_k)}{w_k}$	$N_k p_k(1-p_k)$	n
1	Ingeniero Agrónomo	77	0.5	38.50	0.09	17,421.25	19.25	24
2	Médico y Cirujano	70	0.5	35.00	0.08	15,837.50	17.50	21
3	Químico	29	0.5	14.50	0.03	6,561.25	7.25	9
4	Químico Biólogo	27	0.5	13.50	0.03	6,108.75	6.75	8
5	Químico Farmacéutico	26	0.5	13.00	0.03	5,882.50	6.50	8
6	Biólogo	23	0.5	11.50	0.03	5,203.75	5.75	7
7	Nutricionista	19	0.5	9.50	0.02	4,298.75	4.75	6
8	Ingeniero Civil	36	0.5	18.00	0.04	8,145.00	9.00	11
9	Ingeniero Químico	32	0.5	16.00	0.04	7,240.00	8.00	10
10	Ingeniero Mecánico	23	0.5	11.50	0.03	5,203.75	5.75	7
11	Ingeniero Electricista	31	0.5	15.50	0.03	7,013.75	7.75	9
12	Ingeniero Industrial	38	0.5	19.00	0.04	8,597.50	9.50	12
13	Ingeniero Mecánico Electricista	15	0.5	7.50	0.02	3,393.75	3.75	5
14	Ingeniero Mecánico Industrial	21	0.5	10.50	0.02	4,751.25	5.25	7
15	Ingeniero en Ciencias y Sistemas	34	0.5	17.00	0.04	7,692.50	8.50	10
16	Ingeniero Electrónico	22	0.5	11.00	0.02	4,977.50	5.50	7
17	Licenciado en Física Aplicada	7	0.5	3.50	0.01	1,583.75	1.75	2
18	Cirujano Dentista	112	0.5	56.00	0.12	25,340.00	28.00	34
19	Médico Veterinario	38	0.5	19.00	0.04	8,597.50	9.50	12
20	Zootecnista	25	0.5	12.50	0.03	5,656.25	6.25	8

$$N = 705 \quad \sum_{k=1}^L N_k \sqrt{p_k(1-p_k)} = 352.50 \quad \sum_{k=1}^L \frac{N_k^2 p_k(1-p_k)}{w_k} = 159,506.25 \quad 176.25 \quad 216$$

Fuente: elaboración propia.

$$\hat{V}(\hat{p}_{est}) = \frac{0.05^2}{4} = 0.000625 = D$$

$$N^2 D = (705)^2 (0.000625) = 310.64$$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L \frac{N_i^2 p_i(1-p_i)}{w_i}}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i p_i(1-p_i)}$$

$$n = \frac{159,506.25}{310.64 + 176.25} = 277.39 \cong 277$$

Como $n_i = w_i * n$; entonces el tamaño de muestra para cada estrato se

obtiene de la siguiente forma: $n_1 = w_1 * n = 0.09 * 277 = 24$

En la columna n de la tabla anterior se muestra tamaño de la muestra obtenido para cada estrato.

Para los profesionales en Física Aplicada se tomo una muestra de cinco encuestas a pesar que la muestra obtenida era menor a cinco.

Por lo que la muestra para cada estrato queda definida como:

Tabla IV. Muestras para cada estrato para profesores que laboran en la Universidad de San Carlos de Guatemala en Carreras Técnicas y Ciencias de la Salud

k	ESTRATO	n
1	Ingeniero Agrónomo	24
2	Médico y Cirujano	21
3	Químico	9
4	Químico Biólogo	8
5	Químico Farmacéutico	8
6	Biólogo	7
7	Nutricionista	6
8	Ingeniero Civil	11
9	Ingeniero Químico	10
10	Ingeniero Mecánico	7
11	Ingeniero Electricista	9
12	Ingeniero Industrial	12
13	Ingeniero Mecánico Electricista	5
14	Ingeniero Mecánico Industrial	7
15	Ingeniero en Ciencias y Sistemas	10
16	Ingeniero Electrónico	7
17	Licenciado en Física Aplicada	5
18	Cirujano Dentista	34
19	Médico Veterinario	12
20	Zootecnista	8

Fuente: elaboración propia.

Los estratos definidos para los alumnos universitarios son los siguientes:

Tabla V. **Inscripción total de estudiantes Pendientes de Exámenes Generales (P.E.G.)**

UNIDAD ACADÉMICA	P.E.G
FACULTAD DE AGRONOMÍA	
Ingeniero Agrónomo	158
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS	
Médico y Cirujano	312
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA	
Químico	11
Químico Biólogo	96
Químico Farmacéutico	92
Biólogo	45
Nutricionista	77
FACULTAD DE INGENIERÍA	
Ingeniero Civil	301
Ingeniero Químico	125
Ingeniero Mecánico	104
Ingeniero Electricista	139
Ingeniero Industrial	444
Ingeniero Mecánico Electricista	31
Ingeniero Mecánico Industrial	103
Ingeniero en Ciencias y Sistemas	124
Ingeniero Electrónico	91
Ingeniería Ambiental	-
Licenciado en Matemática Aplicada	1
Licenciado en Física Aplicada	2
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA	
Cirujano Dentista	15
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	
Médico Veterinario	84
Zootecnista	34
CUNOC	67
TOTAL ALUMNOS PENDIENTES DE EXAMENES GENERALES	2,456

Fuente: Departamento de Registro y Estadística, USAC

Tabla VI. Cálculo de la muestra para estudiantes Pendientes de Exámenes Generales (P.E.G.)

k	ESTRATO	N_k	p_k	$N_k \sqrt{p_k(1-p_k)}$	$w_k = \frac{N_k \sqrt{p_k(1-p_k)}}{\sum_{i=1}^L N_i \sqrt{p_i(1-p_i)}}$	$\frac{N_k^2 p_k(1-p_k)}{w_k}$	$N_k p_k(1-p_k)$	n
1	Ingeniero Civil	301	0.5	150.5	0.126	179772.25	75.25	43
2	Ingeniero Químico	125	0.5	62.5	0.052	74656.25	31.25	18
3	Ingeniero Mecánico	104	0.5	52	0.044	62114.00	26	15
4	Ingeniero Electricista	139	0.5	69.5	0.058	83017.75	34.75	20
5	Ingeniero Industrial	444	0.5	222	0.186	265179.00	111	64
6	Ingeniero Mecánico Electricista	31	0.5	15.5	0.013	18514.75	7.75	4
7	Ingeniero Mecánico Industrial	103	0.5	51.5	0.043	61516.75	25.75	15
8	Ingeniero en Ciencias y Sistemas	124	0.5	62	0.052	74059.00	31	18
9	Ingeniero Electrónico	91	0.5	45.5	0.038	54349.75	22.75	13
10	Licenciado en Matemática Aplicada	1	0.5	0.5	0.000	597.25	0.25	0
11	Licenciado en Física Aplicada	2	0.5	1	0.001	1194.50	0.5	0
12	Cirujano Dentista	15	0.5	7.5	0.006	8958.75	3.75	2
13	Médico Veterinario	84	0.5	42	0.035	50169.00	21	12
14	Zootecnista	34	0.5	17	0.014	20306.50	8.5	5
15	Químico	11	0.5	5.5	0.005	6569.75	2.75	2
16	Químico Biólogo	96	0.5	48	0.040	57336.00	24	14
17	Químico Farmacéutico	92	0.5	46	0.039	54947.00	23	13
18	Biólogo	45	0.5	22.5	0.019	26876.25	11.25	6
19	Nutricionista	77	0.5	38.5	0.032	45988.25	19.25	11
20	Médico y Cirujano	312	0.5	156	0.131	186342.00	78	45
21	Ingeniero Agrónomo	4	0.5	2	0.002	2389.00	1	1
22	Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola	116	0.5	58	0.049	69281.00	29	17
23	Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables	38	0.5	19	0.016	22695.50	9.5	5
24	CUNOC	67	0.5	33.5	0.028	40015.75	16.75	10

$$N = 2456 \quad \sum_{i=1}^L N_i \sqrt{p_i(1-p_i)} = 1228 \quad \sum_{i=1}^L \frac{N_i^2 p_i(1-p_i)}{w_i} = 1466846.00 \quad 614 \quad 353$$

Fuente: elaboración propia.

$$\hat{V}(\hat{p}_{est}) = \frac{0.05^2}{4} = 0.000625 = D$$

$$N^2 D = (2456)^2 (0.000625) = 3769.96$$

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L \frac{N_i^2 p_i(1-p_i)}{w_i}}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i p_i(1-p_i)}$$

$$n = \frac{1466846.00}{3769.96 + 614} = 334.59 \cong 335$$

Como $n_i = w_i * n$; entonces el tamaño de muestra para cada estrato se obtiene de la siguiente forma: $n_1 = w_1 * n = 0.126 * 335 = 43$

En la columna n de la tabla anterior se muestra tamaño de la muestra obtenido para cada estrato. Para los estratos donde el resultado de la muestra fue cero se tomó una muestra de cinco alumnos de último semestre. Por lo que la muestra para cada estrato queda definida como:

Tabla VII. Muestra para cada estrato de alumnos universitarios pendientes de exámenes generales

K	ESTRATO	n
1	Ingeniero Civil	43
2	Ingeniero Químico	18
3	Ingeniero Mecánico	15
4	Ingeniero Electricista	20
5	Ingeniero Industrial	64
6	Ingeniero Mecánico Electricista	4
7	Ingeniero Mecánico Industrial	15
8	Ingeniero en Ciencias y Sistemas	18
9	Ingeniero Electrónico	13
10	Licenciado en Matemática Aplicada	5
11	Licenciado en Física Aplicada	5
12	Cirujano Dentista	2
13	Médico Veterinario	12
14	Zootecnista	5
15	Químico	2
16	Químico Biólogo	14
17	Químico Farmacéutico	13
18	Biólogo	6
19	Nutricionista	11
20	Médico y Cirujano	45
21	Ingeniero Agrónomo	1
22	Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola	17
23	Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables	5
24	CUNOC	10

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.4. Cuestionario

Figura 4. Encuesta para profesionales primera parte

 **ENCUESTA** 
Universidad de San Carlos de Guatemala Dirección General de Investigación Universidad de San Carlos

Buenos días/tardes, esta encuesta es realizada para el Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial -PUIDI- de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La presente es una llamada de cortesía para hacerle unas preguntas sobre su conocimiento en tecnologías emergentes.

Toda la información recibida se mantendrá confidencial. Esta encuesta tomará alrededor de cinco minutos para completarse y su participación ayudara a esta importante investigación.

Nombre: _____

Profesión: _____

Unidad Académica: _____ Universidad _____

E-mail: _____ Edad: 18-25 25-35 35-45 más de 45

1. Al necesitar análisis ó investigaciones utiliza:

Laboratorios Universitarios No realiza investigaciones

Contrata servicios de Laboratorios

¿Cuál es el laboratorio de su preferencia y por qué?

2. Mencione el equipo más avanzado tecnológicamente con el que ha trabajado:

3. ¿Cuál cree usted que es su mayor ventaja competitiva profesionalmente?

4. Cuando escucha la palabra "nanotecnología" le parece un tema:

Complicado Aburrido Interesante Futurista

Otro: _____

5. ¿Conoce el término nanotecnología? Si No

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Encuesta profesionales segunda parte



Universidad de
San Carlos de Guatemala

ENCUESTA



Dirección General de Investigación
Universidad de San Carlos

6. Por qué motivo obtuvo información sobre este tema:

Trabajo Universidad Televisión Radio Amigos Familiares
 Prensa Escrita Otros: _____

7. Como definiría nanotecnología:

8. Cuando escucha "Estudios de Especialización en Nanotecnología" usted piensa que sería:

Muy caro Caro Accesible Bajo Costo

9. ¿Le interesaría participar en un curso de Nanotecnología a nivel de postgrado?

Si No

Si su respuesta es negativa, describa brevemente sus razones:

Si su respuesta es positiva, ¿A qué nivel?

Curso de Actualización Especialización Especialidad Maestría
 Doctorado Otros: _____

10. ¿Qué tema dentro de la nanotecnología le interesaría conocer y/o profundizar?(subraye)

Nuevos materiales	Alimentación	Informática	Electrónica
Maquinaria y Equipo	Medicina	Robótica	Química
Textiles	Cosmetología	Medio Ambiente	Energía
Materiales de Construcción		Nanobiotecnología	

Observaciones: _____

Muchas gracias por su participación, le deseamos éxitos.

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Encuesta alumnos universitarios primera parte

 **ENCUESTA** 
Universidad de San Carlos de Guatemala Dirección General de Investigación Universidad de San Carlos

Buenos días/tardes, esta encuesta es realizada para el Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial -PUIDI- de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La presente es una llamada de cortesía para hacerle unas preguntas sobre su conocimiento en tecnologías emergentes.

Toda la información recibida se mantendrá confidencial. Esta encuesta tomará alrededor de cinco minutos para completarse y su participación ayudara a esta importante investigación.

Nombre: _____

Profesión: _____ Carrera: _____

Semestre: _____ Universidad: _____

E-mail: _____ Edad: 18-25 25-35 35-45 más de 45

1. ¿Qué opción piensa elegir para obtener su título universitario?
Tesis Privado Practica Profesional Mega proyecto
Otro: _____

2. ¿En qué área científica o tecnológica le interesaría realizar su trabajo de graduación EPS o Tesis?

3. Cuando escucha la palabra "nanotecnología" le parece un tema:
Complicado Aburrido Interesante Futurista
Otro: _____

4. ¿Conoce el termino nanotecnología? Si No

5. Por qué motivo obtuvo información sobre este tema:
Trabajo Universidad Televisión Radio Amigos Familiares
Prensa Escrita Curso del Pensum de Estudios
Otros: _____

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Encuesta alumnos universitarios segunda parte


Universidad de San Carlos de Guatemala

ENCUESTA


Dirección General de Investigación
Universidad de San Carlos

6. Como definiría nanotecnología:

7. Cuando escucha "Estudios de Especialización en Nanotecnología" usted piensa que sería:

Muy caro Caro Accesible Bajo Costo

8. ¿Le interesaría participar en un curso de Nanotecnología a nivel de postgrado?

Si No

Si su respuesta es negativa, describa brevemente sus razones:

Si su respuesta es positiva, ¿A qué nivel?

Curso de Actualización Especialización Especialidad Maestría

Doctorado Otros: _____

9. ¿Qué tema dentro de la nanotecnología le interesaría conocer y/o profundizar? (subraye)

Nuevos materiales	Alimentación	Informática	Electrónica
Maquinaria y Equipo	Medicina	Robótica	Química
Textiles	Cosmetología	Medio Ambiente	Energía
Materiales de Construcción	Nanobiotecnología		

Observaciones:

Muchas gracias por su participación, le deseamos éxitos.

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Encuesta para empresas primera parte

 **ENCUESTA** 
Universidad de San Carlos de Guatemala Dirección General de Investigación Universidad de San Carlos

Buenos días/tardes, esta encuesta es realizada para el Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial -PUIDI- de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La presente es una llamada de cortesía para hacerles unas preguntas sobre su organización.

Toda la información recibida se mantendrá confidencial. Esta encuesta tomará alrededor de cinco minutos para completarse y su participación ayudara a esta importante investigación.

Nombre de la empresa: _____

Nombre de la persona: _____

E-mail: _____

1. ¿Cuenta su empresa con departamento de investigación y desarrollo?

Si No

2. Si su empresa necesita análisis ó investigaciones de sus materias primas, productos o subproductos; ustedes utilizan:

Laboratorios Propios No realizan investigaciones

Contrata servicios de Laboratorios

Si usted contrata servicios de laboratorio responda la siguiente pregunta:

El laboratorio que usted utiliza ¿es nacional o envía muestras al extranjero?

3. Cuando escucha la palabra "nanotecnología" le parece un tema:

Complicado Aburrido Interesante Futurista

Otro: _____

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Encuesta para empresas segunda parte


Universidad de
San Carlos de Guatemala

ENCUESTA


Dirección General de Investigación
Universidad de San Carlos

4. ¿Conoce el término nanotecnología? Si No

5. Por que motivo obtuvo información sobre este tema:
Trabajo Universidad Televisión Radio Amigos Familiares
Prensa Escrita Otros: _____

8. Cuando escucha "implementar nanotecnología en una empresa" usted piensa que seria:
Muy caro Caro Accesible Bajo Costo

Observaciones:

Muchas gracias por su participación, le deseamos éxitos a usted y a su empresa.

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.5. Tabulación de datos de fuentes primarias

A continuación se analiza las respuestas de cada pregunta en las encuestas, para cada sector del mercado. Los resultados se presentan comparándolos con cada carrera universitaria, y luego en su totalidad. Todos los resultados están dados en porcentajes, en escala de 0 a 1. Para cada carrera universitaria se utilizó una abreviatura en las graficas, las cuales son las siguientes:

Tabla VIII. **Abreviaturas de las carreras universitarias**

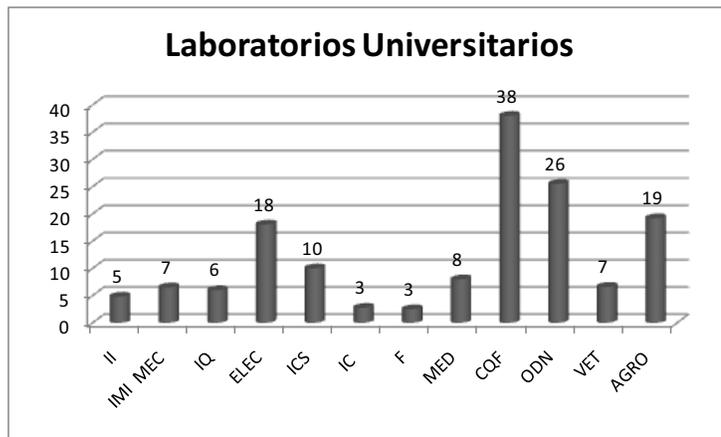
Carrera universitaria	Abreviatura
Ingeniería Industrial	II
Ingeniería Mecánica	MEC
Ingeniería Mecánica Industrial	IMI
Ingeniería Química	IQ
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	ELEC
Ingeniería en Ciencias y Sistemas	ICS
Ingeniería Civil	IC
Licenciatura en Física	F
Licenciatura en Matemática	M
Ciencias Médicas	MED
Ciencias Químicas y Farmacia	CQF
Odontología	ODN
Veterinaria y Zootecnia	VET
Agronomía	AGRO
Centro Universitario de Occidente, USAC	CUNOC

Fuente: elaboración propia.

- Encuesta profesionales

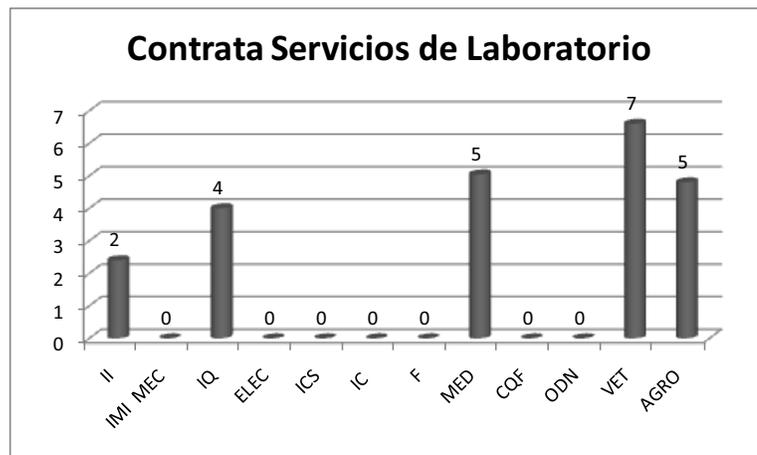
Pregunta 1: Al necesitar análisis ó investigaciones utiliza:

Figura 10. **Profesionales que utilizan laboratorios universitarios**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Profesionales que contratan servicios de laboratorio**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Profesionales que no realizan investigaciones**



Fuente: elaboración propia.

¿Cuál es su laboratorio de preferencia y por qué?

Algunos de los laboratorios mas mencionados fueron:

- INTECAP Laboratorio de Microbiología
- Ministerio de Energía y Minas (Área Nuclear)

Pero esta pregunta en su mayoría no fue contestada por lo que se asume que son laboratorios universitarios ya que la mayoría los utiliza según los resultados de la pregunta anterior.

Pregunta 2: Mencione el equipo más avanzado tecnológicamente con el que ha trabajado:

- Agronomía

Espectrómetro de absorción atómica, microscopios y estereoscopios con cámara incorporada, autoclaves y destilados.

- Odontología

Equipo quirúrgico, equipo protésico, radiovisiografo, cefalómetro-panorámico digital, termocicladora para PCR y computadoras.

- Veterinaria y Zootecnia

HPCC, cromatografías y análisis proximal

- Ciencias Químicas y Farmacia

IR, UV-VIS, cromatografías, AFIS, HPLC, Espectrógrafo de masas y TGA.

- Medicina

Microscopio electrónico, termociclador, clitómetro de flujo, RMN, biopac y espectrofotómetro.

- Ingeniería Industrial y Mecánica Industrial

Electroencefalograma, computadoras, GPS y microscopio óptico.

- Ingeniería Química

Espectrógrafo de masa, espectrofotómetro gases y clarificador de uranio.

- Ingeniería Civil

Computadora y rotadores electrónicos.

- Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Software de programación Rs Logix 5000, Lab-Volt, meyer electrónico, fotosensores para determinar el frenado de electrones y el efecto fotoeléctrico, unipower y módulos TigBee.

- Ingeniería en Ciencias y Sistemas

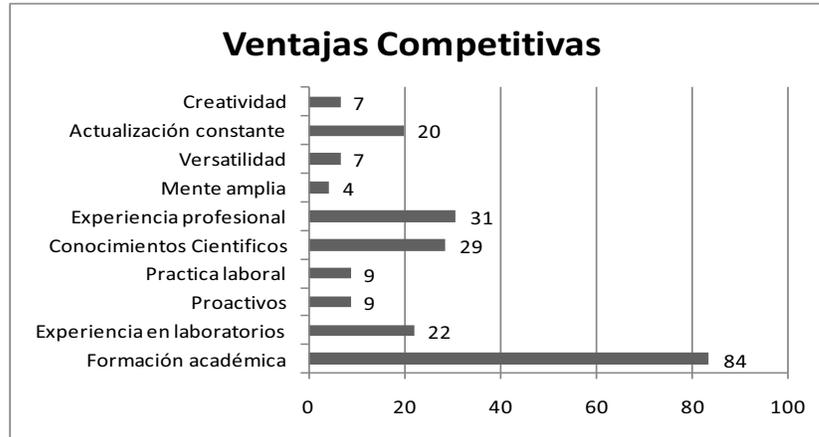
Equipo de programación de autómatas y desarrollo de Software del Tecnológico Landívar.

- Física

Espectrómetro de masas, radiaciones ionizantes y computadora.

Pregunta 3: ¿Cuál cree usted que es su mayor ventaja competitiva profesionalmente?

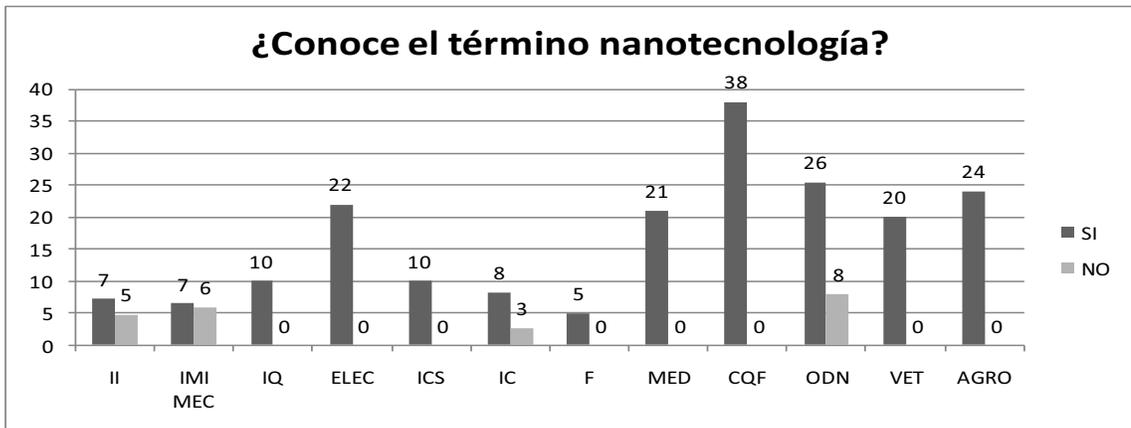
Figura 13. **Mayores ventajas competitivas de los profesionales**



Fuente: elaboración propia.

Pregunta 5: ¿Conoce el término nanotecnología?

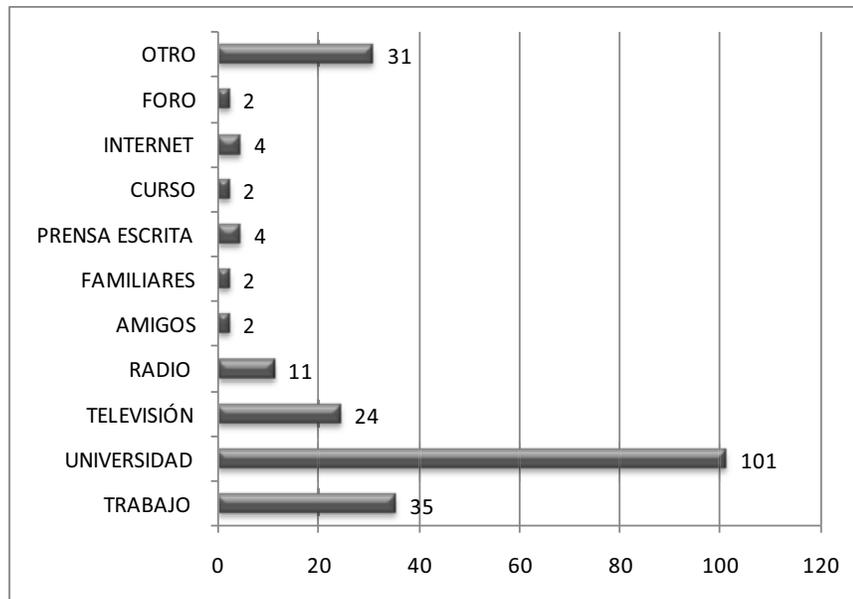
Figura 14. **Profesionales que conocen el término nanotecnología**



Fuente: elaboración propia.

Pregunta 6: Por qué motivo obtuvo información sobre este tema:

Figura 15. **Medios de Información sobre nanotecnología para profesionales**

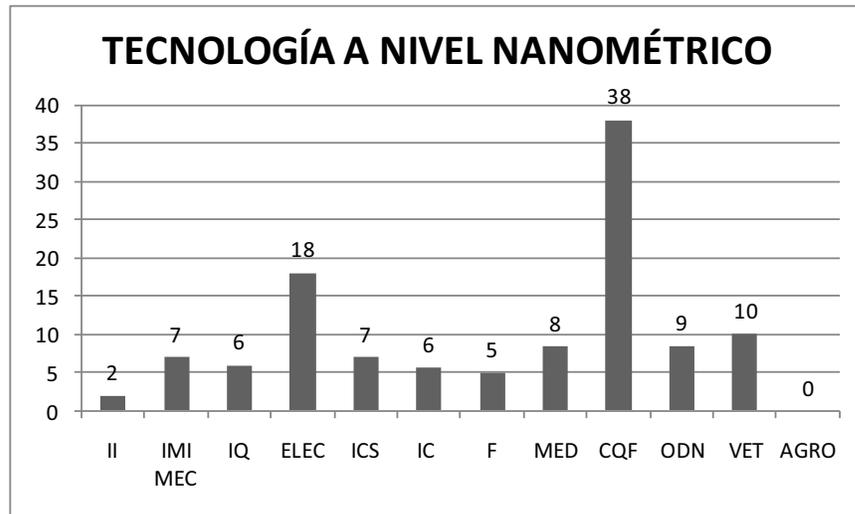


Fuente: elaboración propia.

Pregunta 7: Cómo definiría nanotecnología:

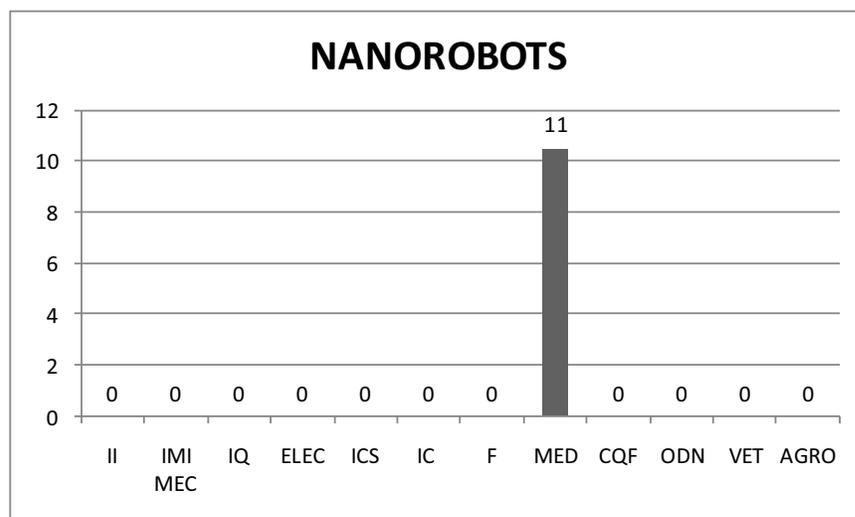
Esta pregunta sirvió para definir realmente quienes si sabían el concepto de nanotecnología, a pesar de que algunos encuestados habían respondido que si sabían el concepto, al analizar su definición se supo que en realidad no lo sabían.

Figura 16. **Profesionales que definieron nanotecnología como tecnología a nivel nanométrico**



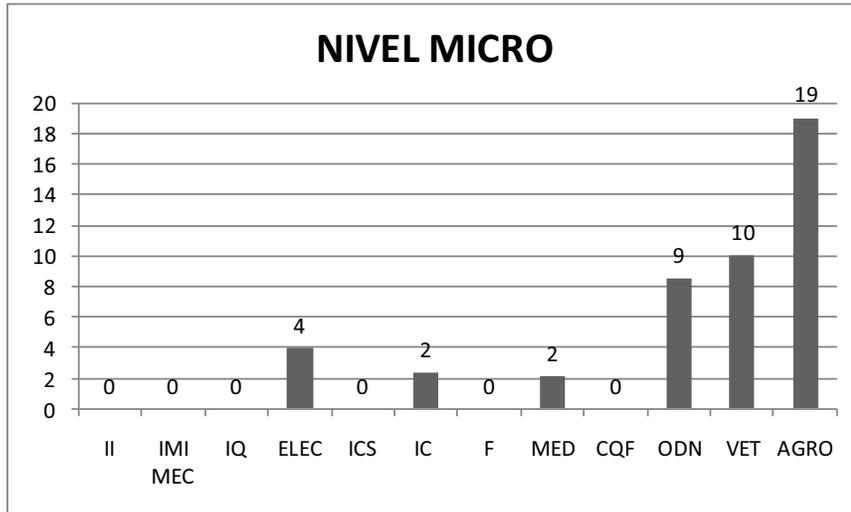
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Profesionales que definieron nanotecnología como nanorobots**



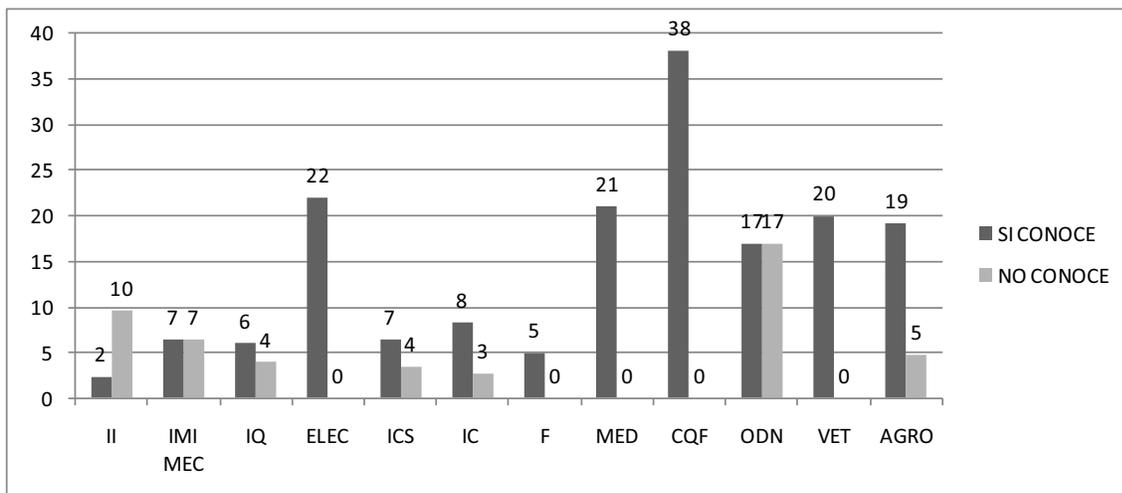
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Profesionales que definieron nanotecnología como tecnología a nivel micro.**



Fuente: elaboración propia.

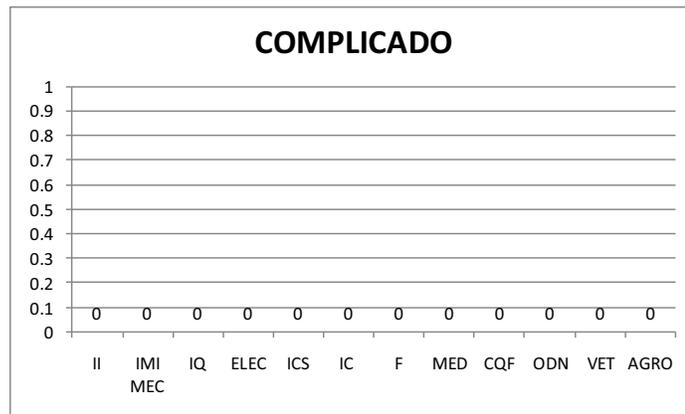
Figura 19. **Conocimiento de nanotecnología dependiendo de la definición dada de los profesionales**



Fuente: elaboración propia.

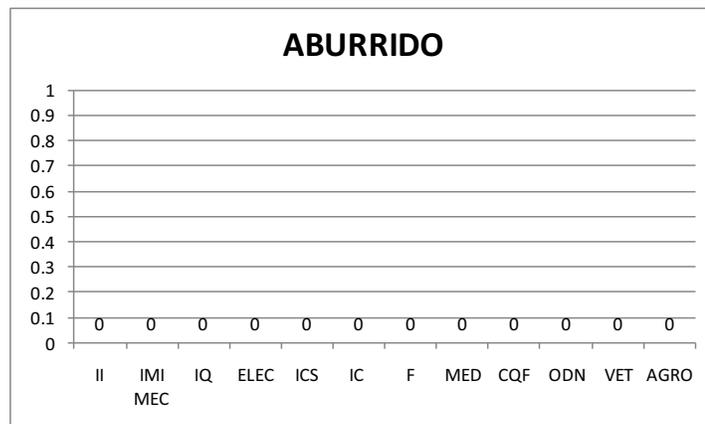
Pregunta 4: Para los que conocen el término de nanotecnología. Cuando escucha la palabra “nanotecnología” le parece un tema:

Figura 20. **Profesionales a quienes la nanotecnología les parece un tema complicado**



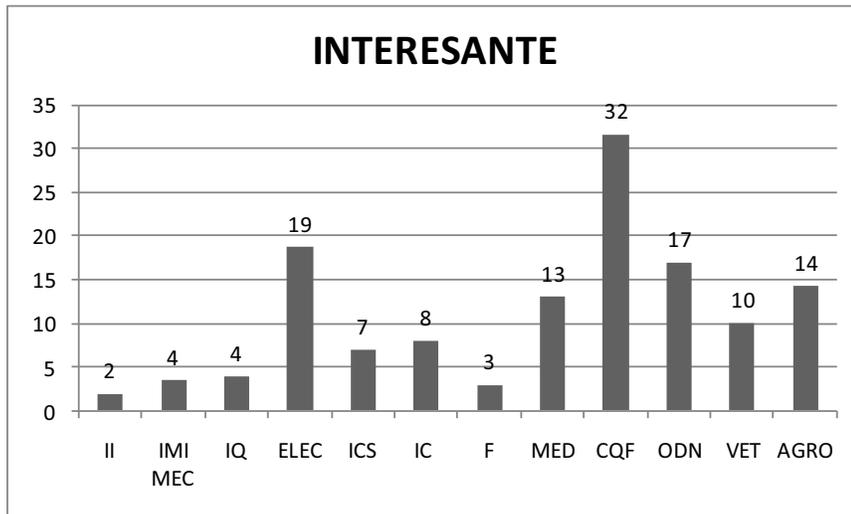
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Profesionales a quienes la nanotecnología les parece un tema aburrido**



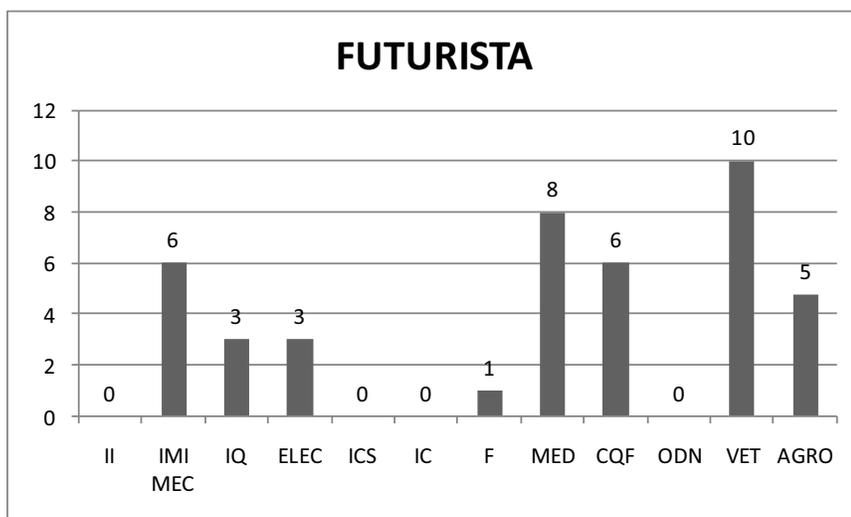
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Profesionales a quienes la nanotecnología les parece un tema interesante**



Fuente: elaboración propia.

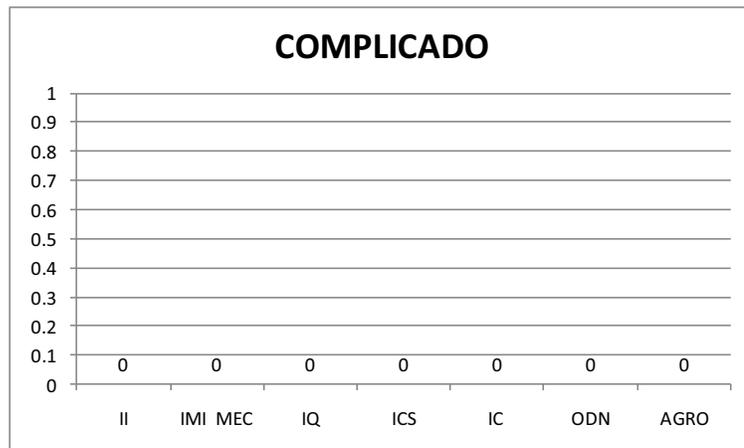
Figura 23. **Profesionales a quienes la nanotecnología les parece un tema futurista**



Fuente: elaboración propia.

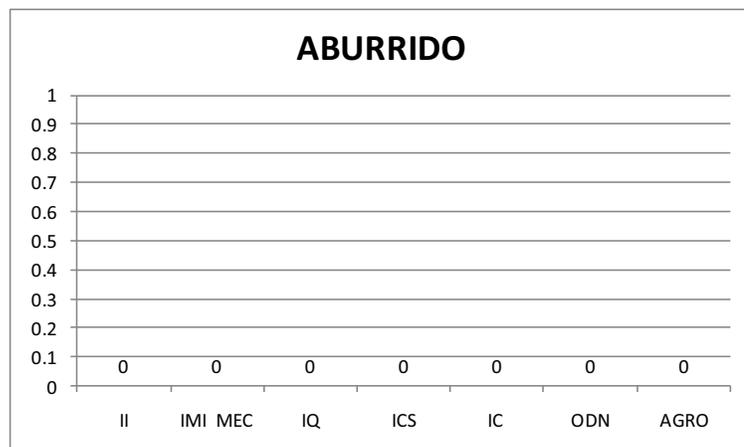
Pregunta 4: Para los que no conocen el término de nanotecnología. Cuando escucha la palabra “nanotecnología” le parece un tema:

Figura 24. **Profesionales que desconocen el término de nanotecnología y les parece un tema complicado**



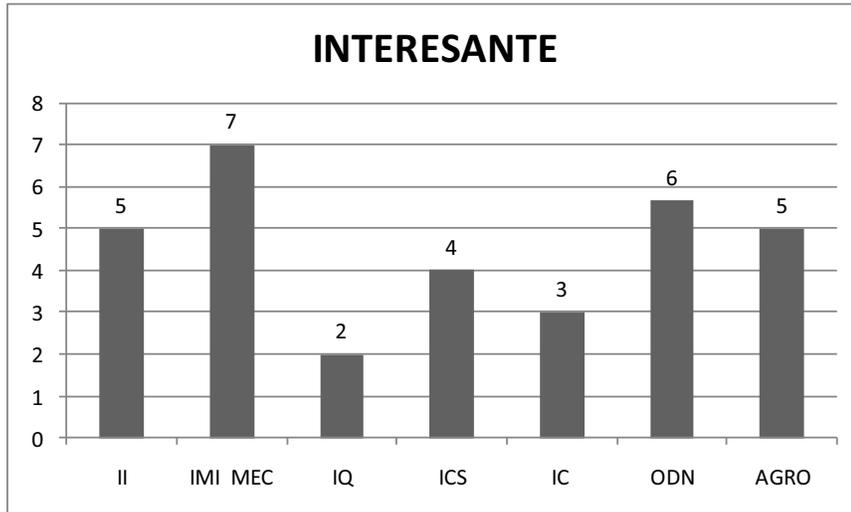
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Profesionales que desconocen el término de nanotecnología y les parece un tema aburrido**



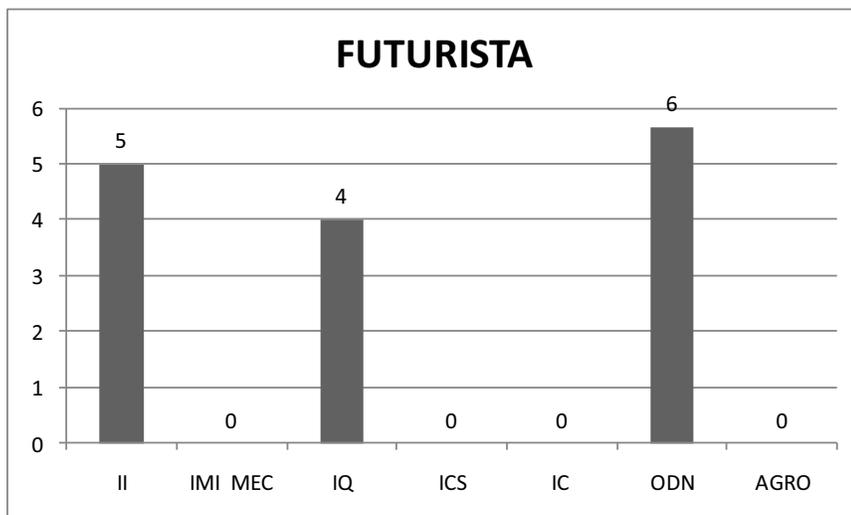
Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Profesionales que desconocen el término de nanotecnología y les parece un tema interesante**



Fuente: elaboración propia.

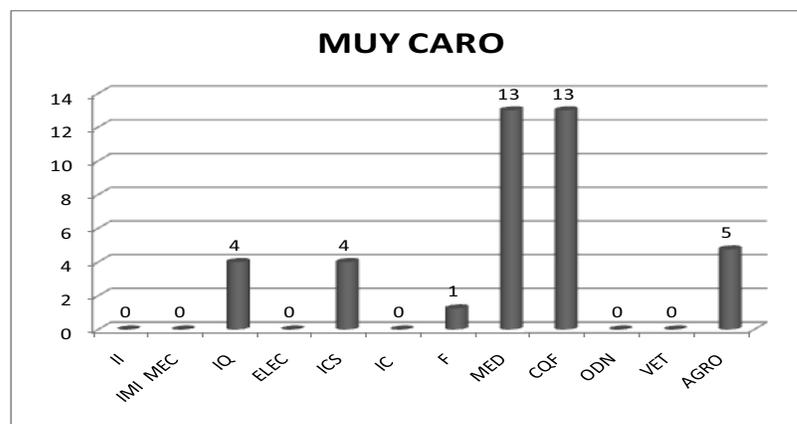
Figura 27. **Profesionales que desconocen el término de nanotecnología y les parece un tema futurista**



Fuente: elaboración propia.

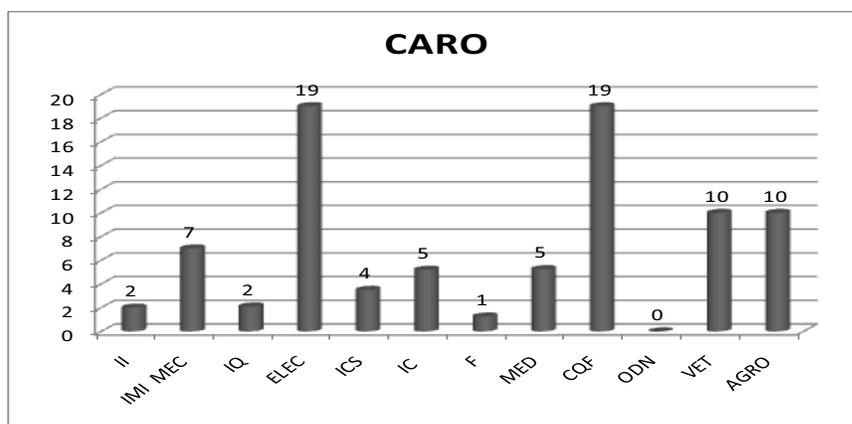
Pregunta 8: Para los que conocen el término de nanotecnología: Cuando escucha “Estudios de Especialización en Nanotecnología” usted piensa que sería:

Figura 28. **Profesionales que piensan que un curso de especialización en nanotecnología sería muy caro**



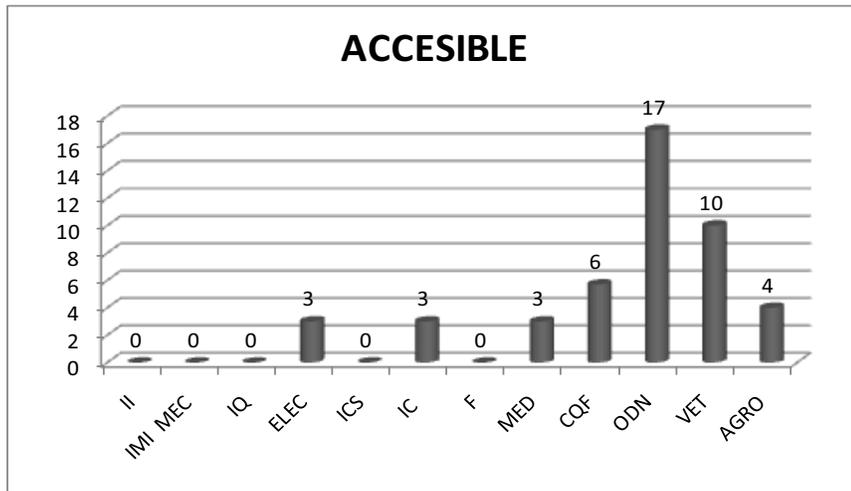
Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Profesionales que piensan que un curso de especialización en nanotecnología sería caro**



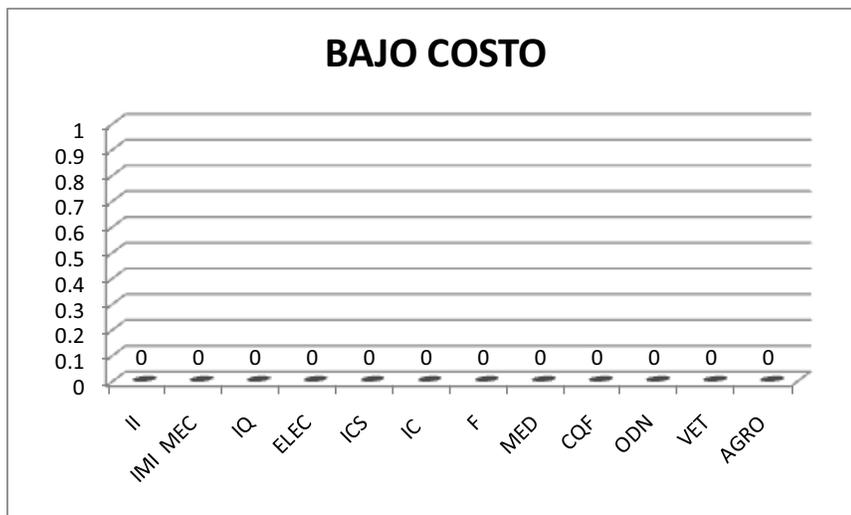
Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Profesionales que piensan que un curso de especialización en nanotecnología sería accesible**



Fuente: elaboración propia.

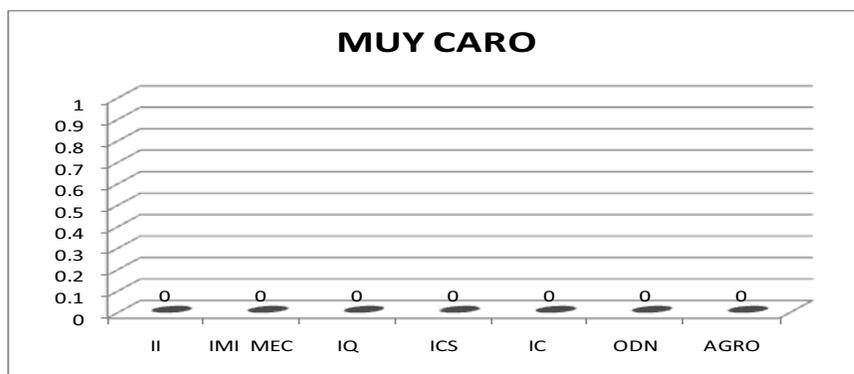
Figura 31. **Profesionales que piensan que un curso de especialización en nanotecnología sería de bajo costo**



Fuente: elaboración propia.

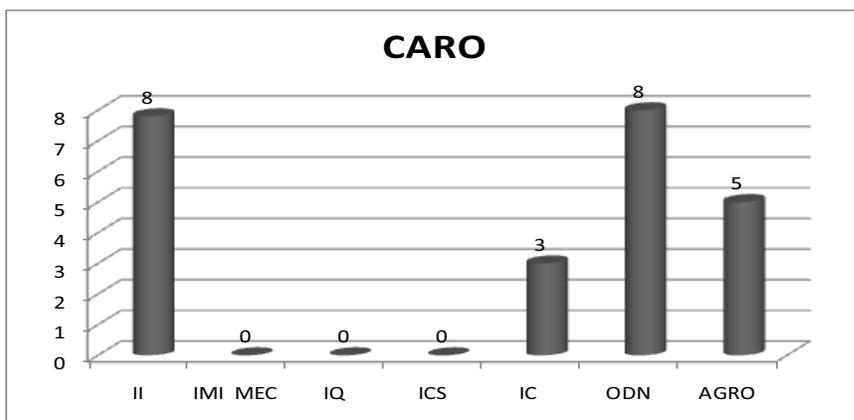
Pregunta 8: Para los que desconocen el término de nanotecnología: Cuando escucha “Estudios de Especialización en Nanotecnología” usted piensa que sería:

Figura 32. Profesionales que desconocen el término y piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería muy caro



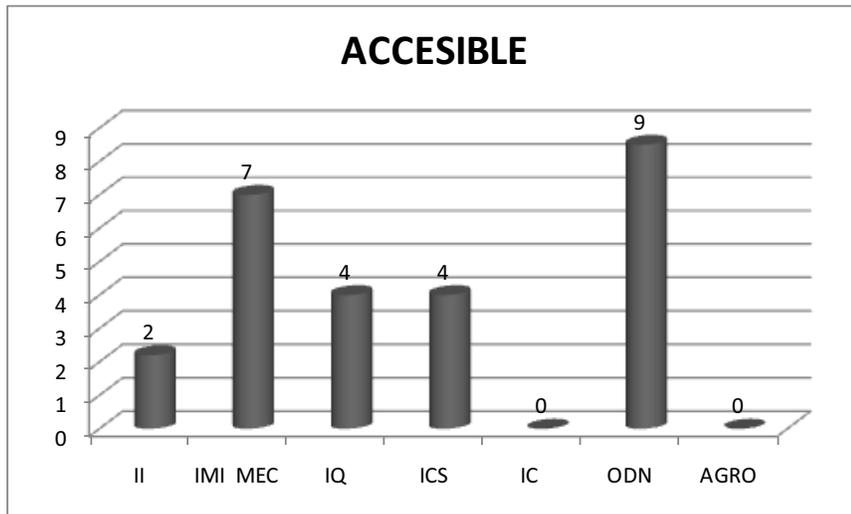
Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Profesionales que desconocen el término y piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería caro



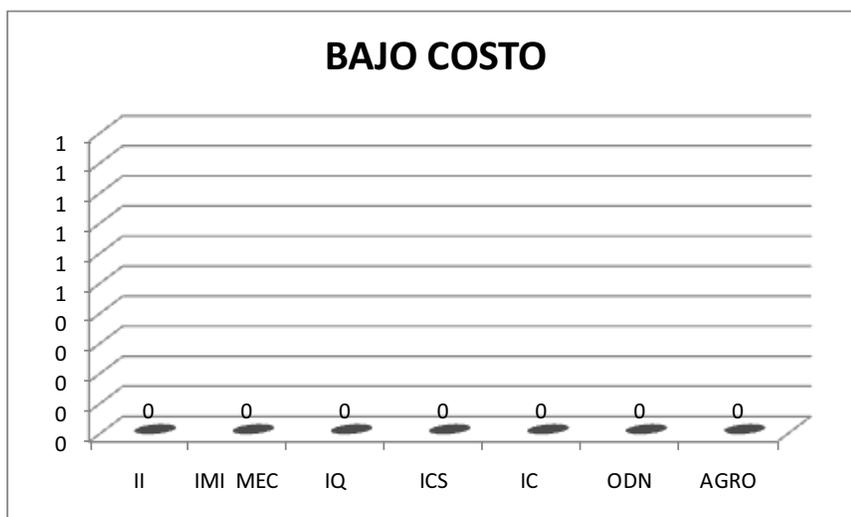
Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Profesionales que desconocen el término y piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería accesible**



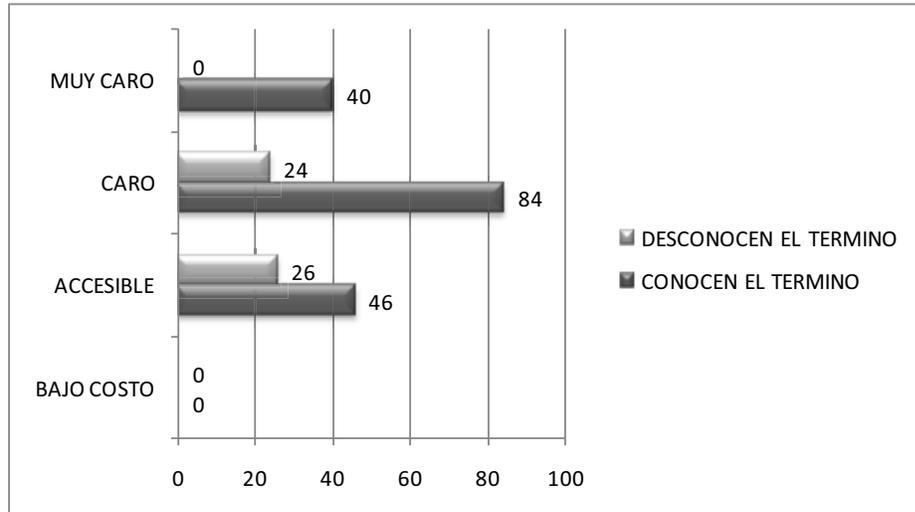
Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Profesionales que desconocen el término y piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería de bajo costo**



Fuente: elaboración propia.

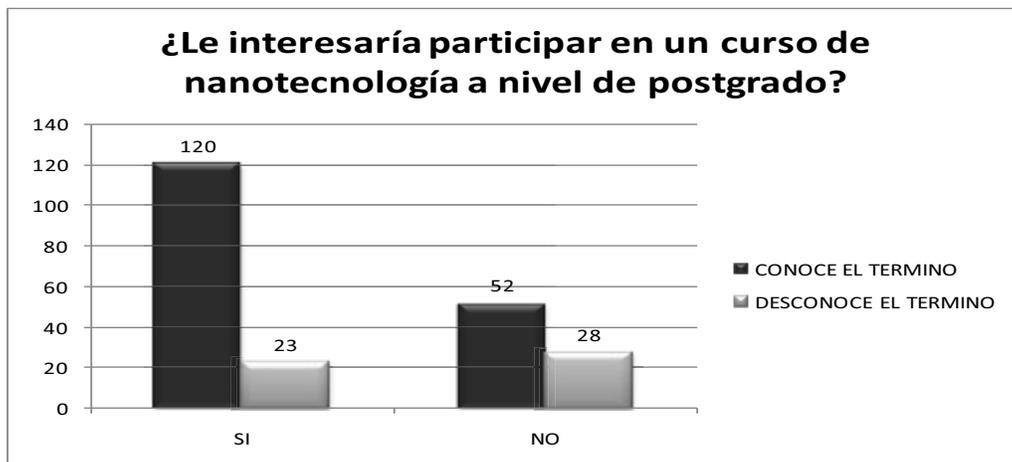
Figura 36. **Percepción económica de nanotecnología en profesionales**



Fuente: elaboración propia.

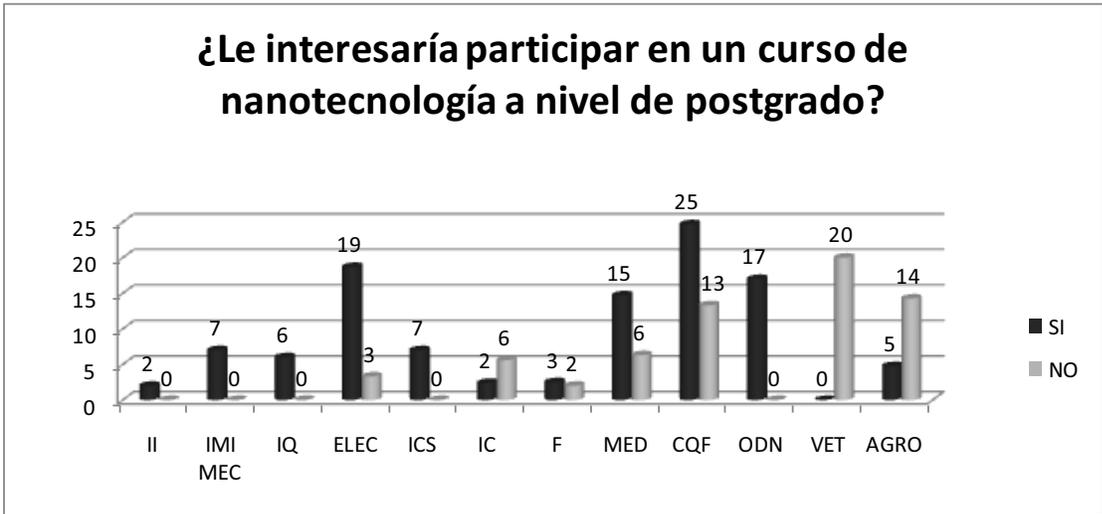
Pregunta 9: ¿Le interesaría participar en un curso de Nanotecnología a nivel de postgrado?

Figura 37. **Interés de los profesionales en participar en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado**



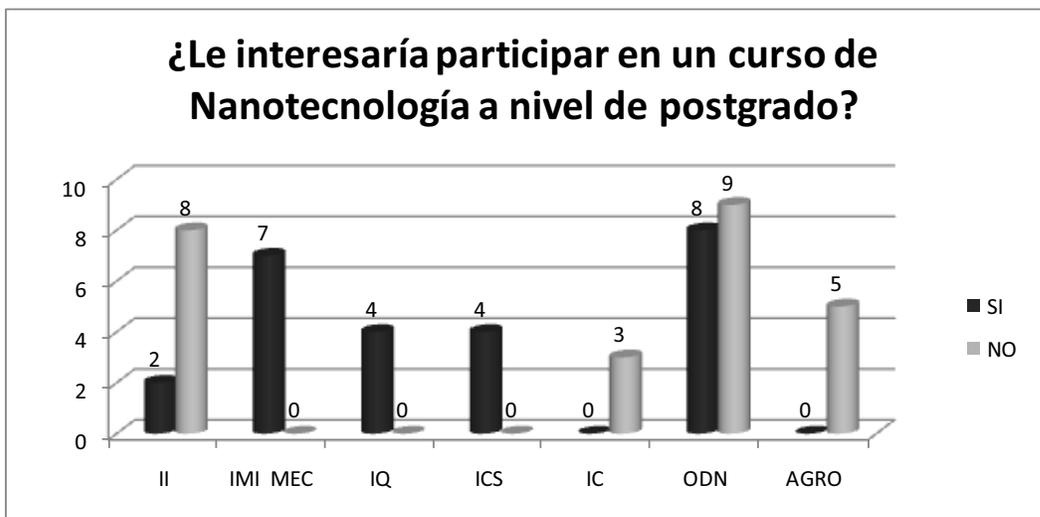
Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Interés en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado de profesionales de diferentes áreas que conocen el término



Fuente: elaboración propia.

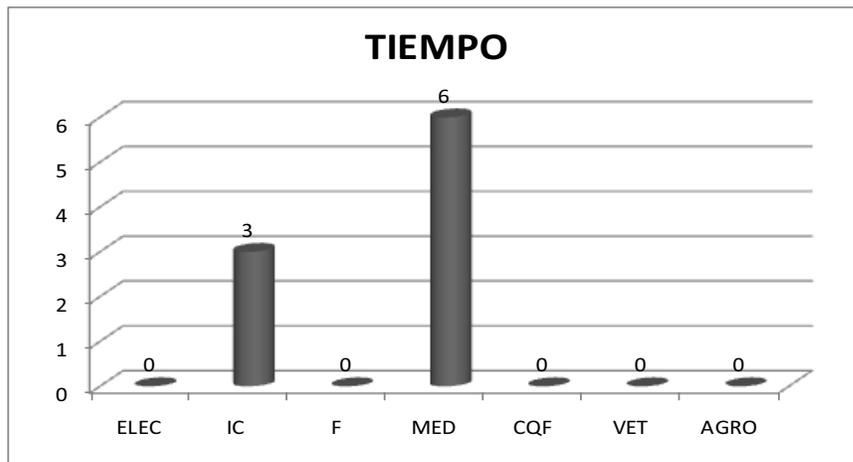
Figura 39. Interés en curso de nanotecnología a nivel de postgrado en profesionales que desconocen el término



Fuente: elaboración propia.

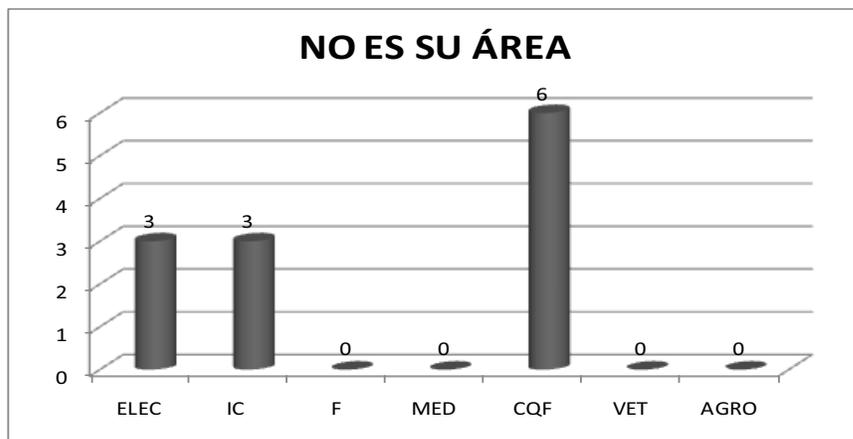
Pregunta 9 a) Si su respuesta es negativa, describa brevemente sus razones:

Figura 40. **Profesionales que no muestran interés en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado por falta de tiempo**



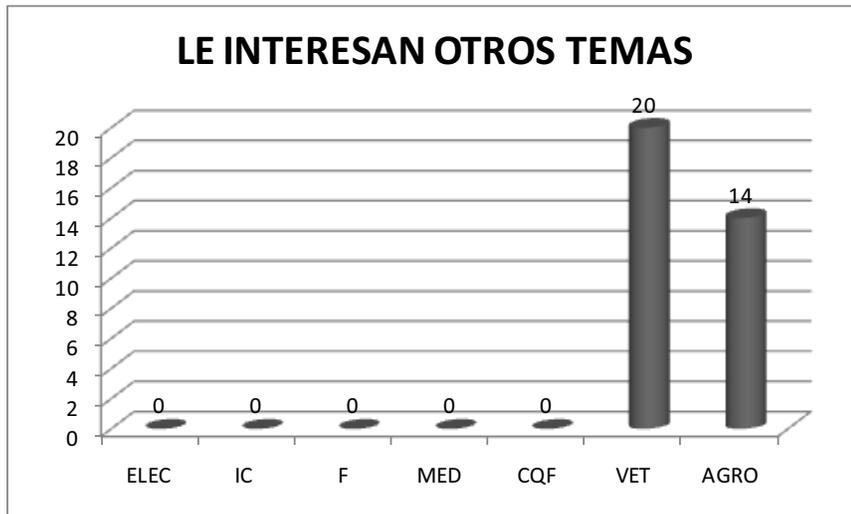
Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Profesionales que no muestran interés en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado porque les parece que no es su área**



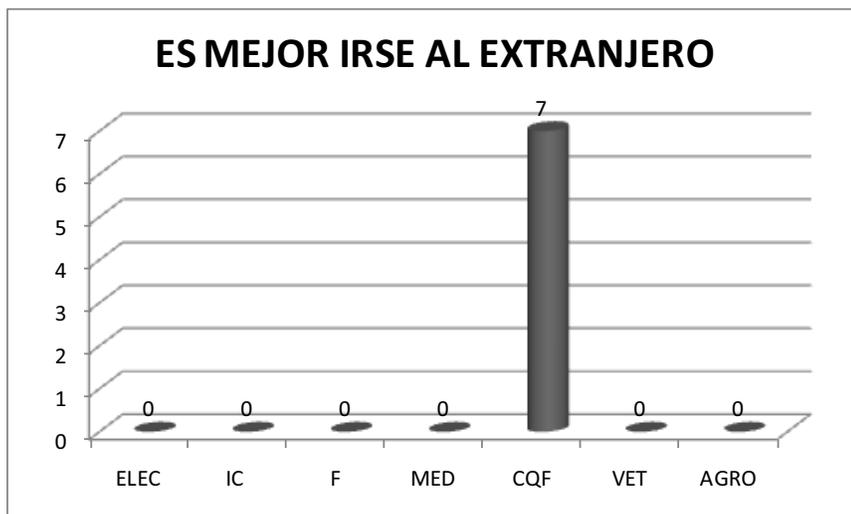
Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Profesionales que no muestran interés en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado porque les interesan otros temas**



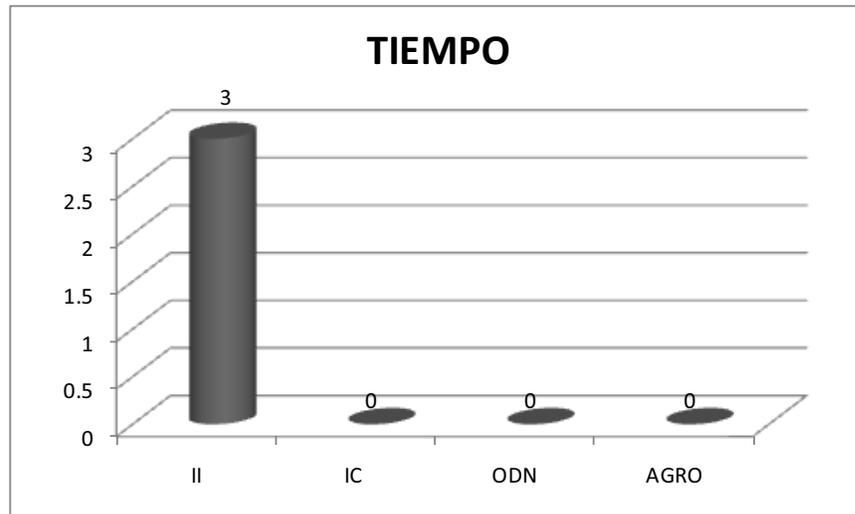
Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Profesionales que no muestran interés en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado porque piensan que es mejor irse al extranjero**



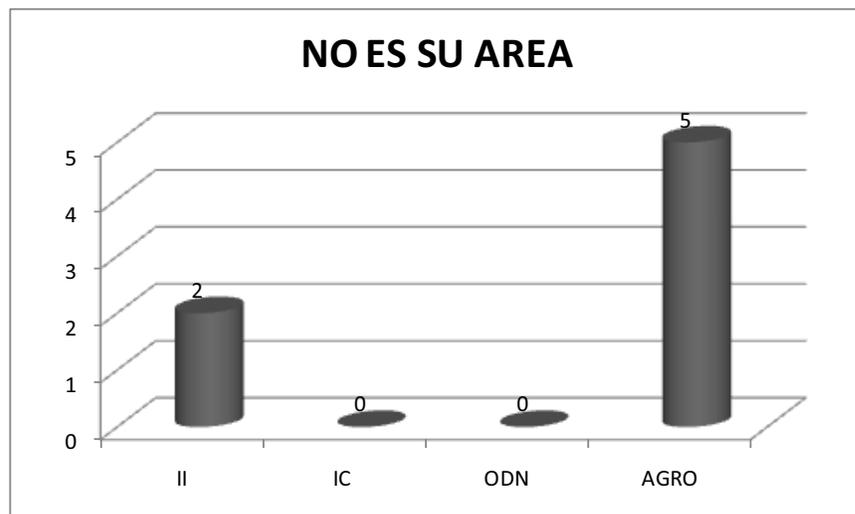
Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Profesionales que desconocen el término que no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a falta de tiempo**



Fuente: elaboración propia.

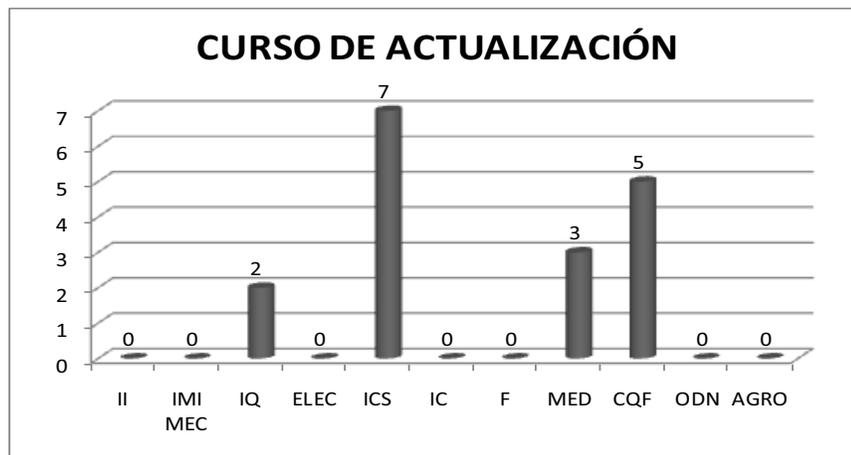
Figura 45. **Profesionales que desconocen el término que no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a que no es su área**



Fuente: elaboración propia.

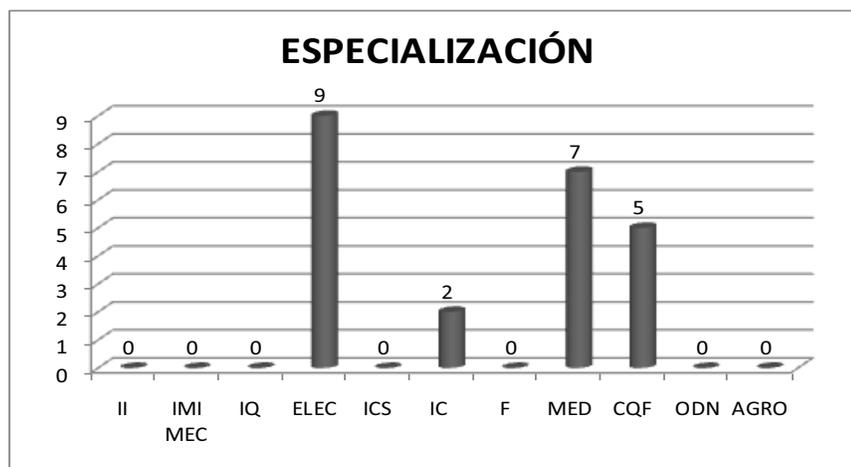
Pregunta 9 b) Si su respuesta es positiva, ¿A qué nivel?

Figura 46. **Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de actualización**



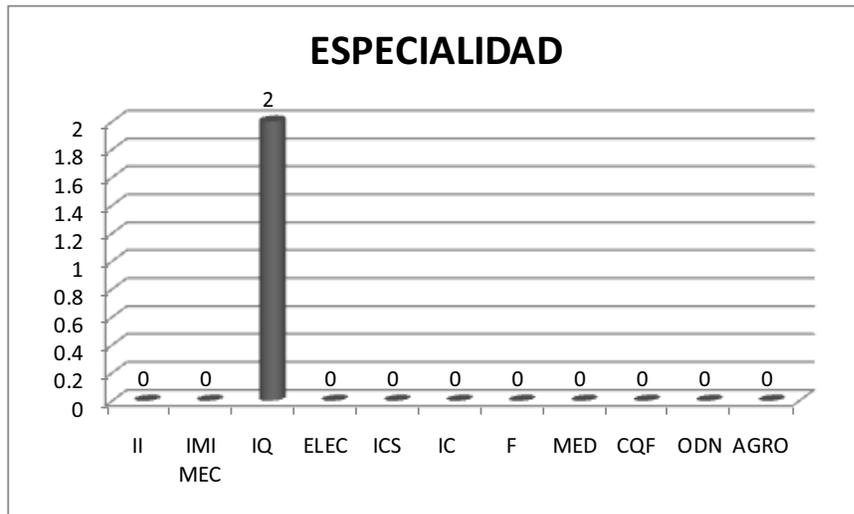
Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de especialización**



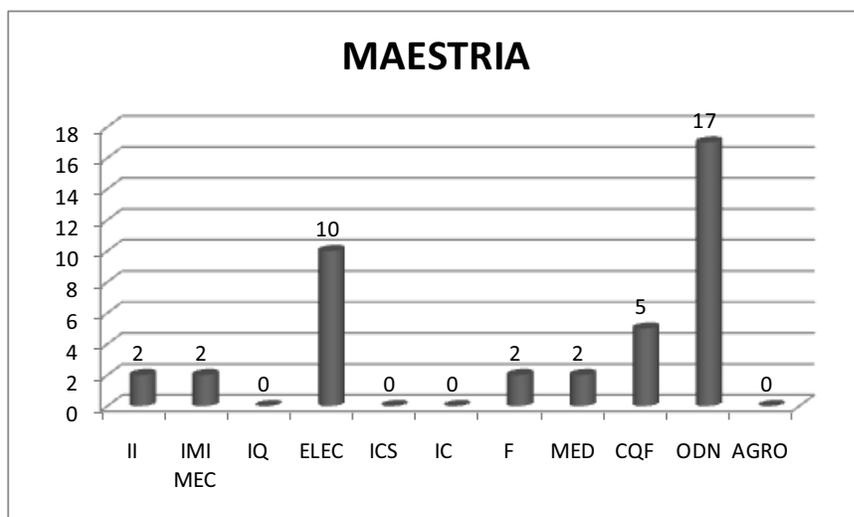
Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialidad**



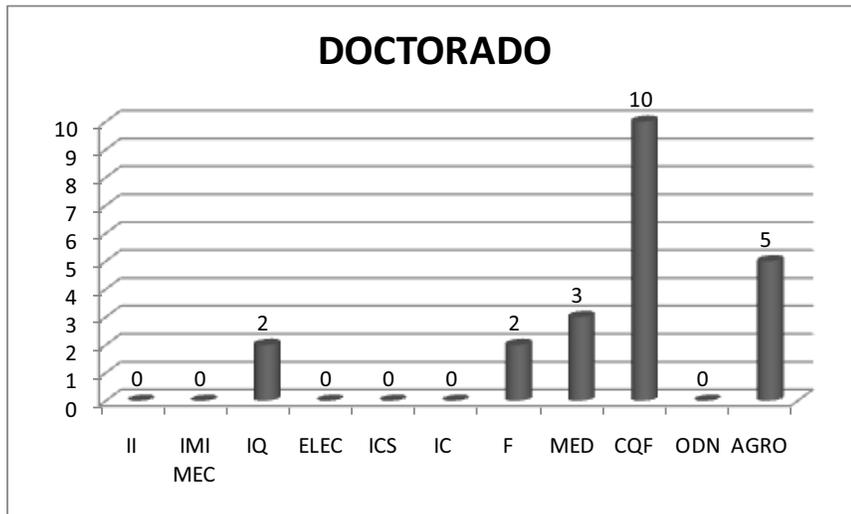
Fuente: elaboración propia.

Figura 49. **Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una maestría**



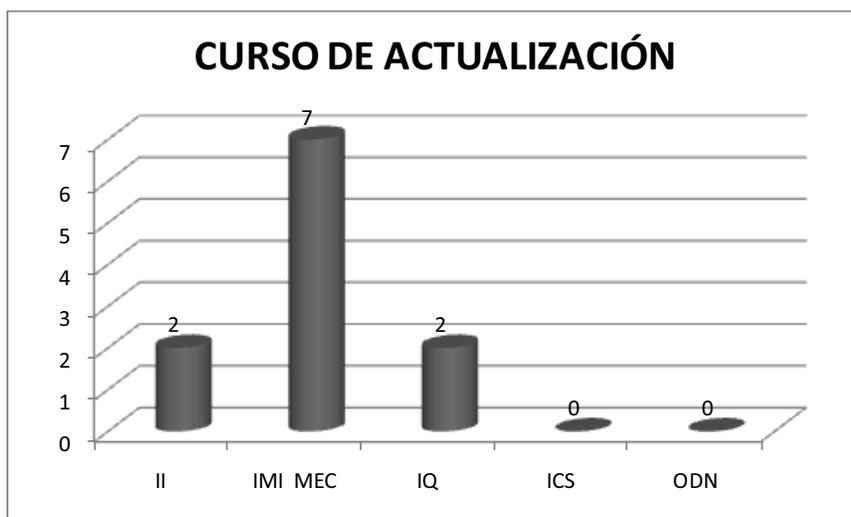
Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Profesionales que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un doctorado**



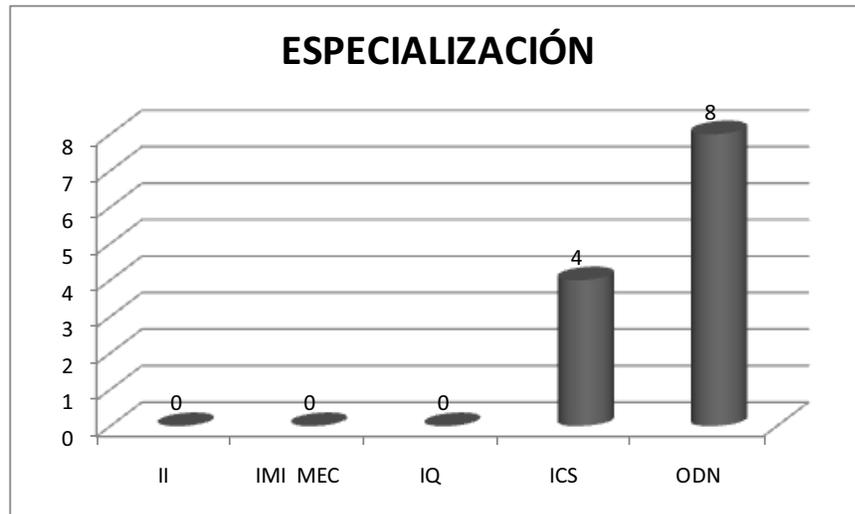
Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Profesionales que desconocen el término de nanotecnología quienes les interesa un curso de actualización**



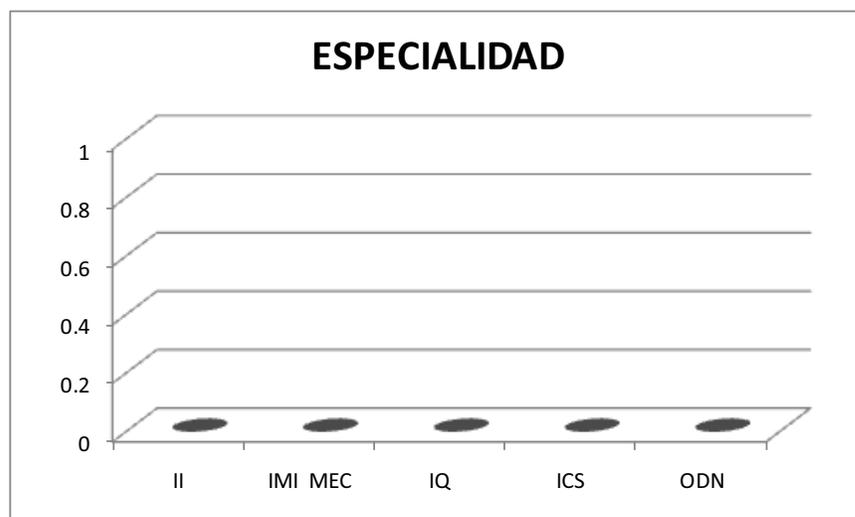
Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Profesionales que desconocen el término de nanotecnología quienes les interesa un curso de especialización**



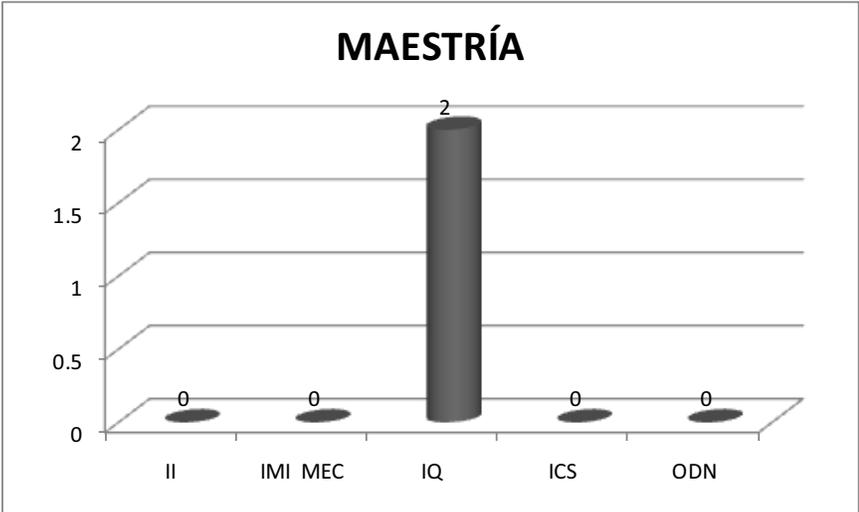
Fuente: elaboración propia.

Figura 53. **Profesionales que desconocen el término de nanotecnología quienes les interesa una especialidad**



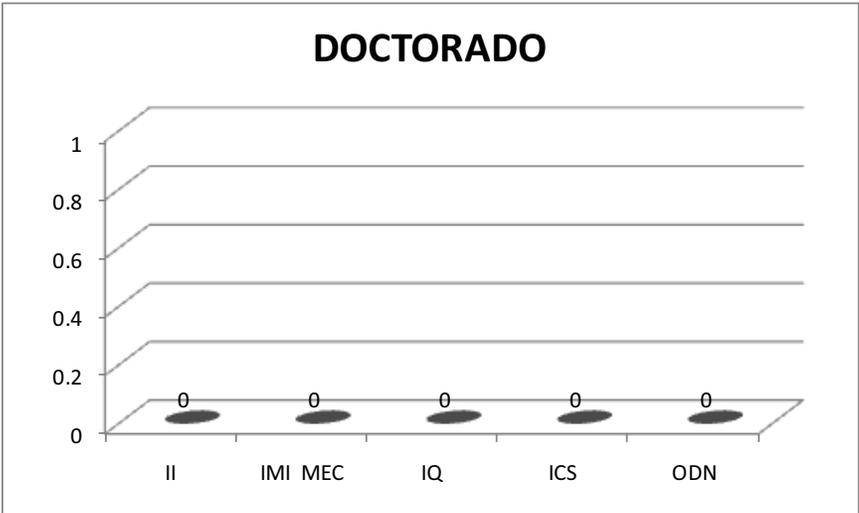
Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Profesionales que desconocen el término de nanotecnología quienes les interesa una maestría**



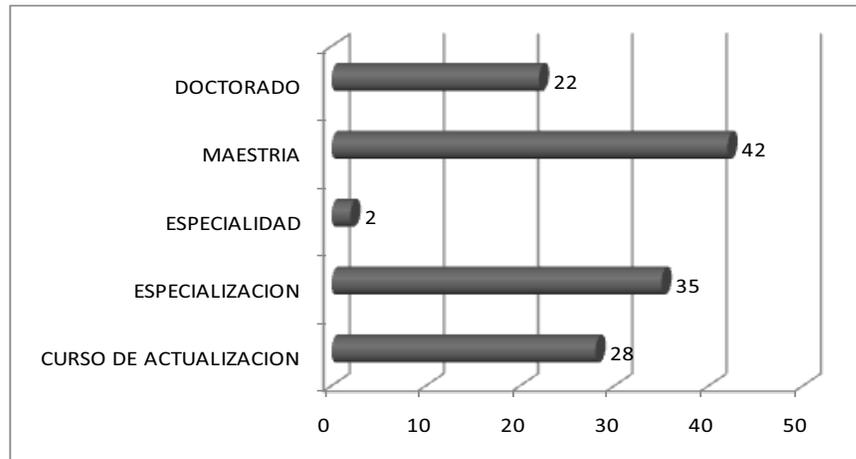
Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Profesionales que desconocen el término de nanotecnología quienes les interesa un doctorado**



Fuente: elaboración propia.

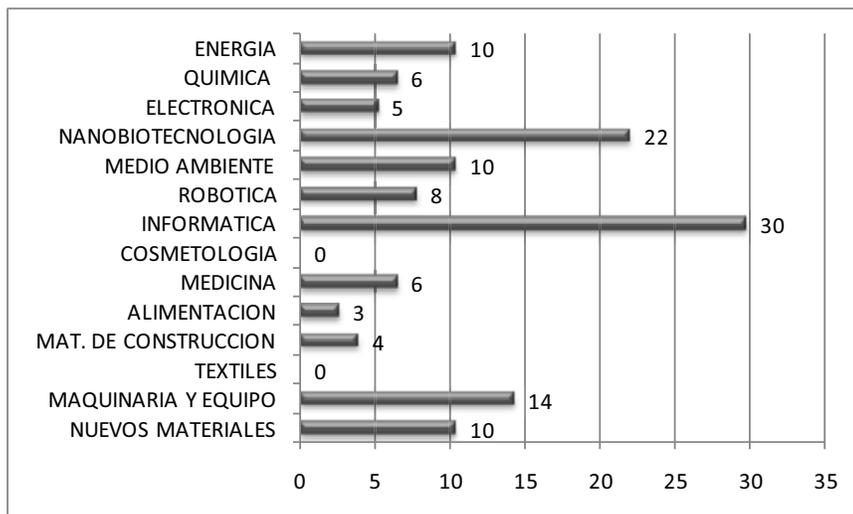
Figura 56. Nivel de postgrado en nanotecnología que interesa a los profesionales



Fuente: elaboración propia.

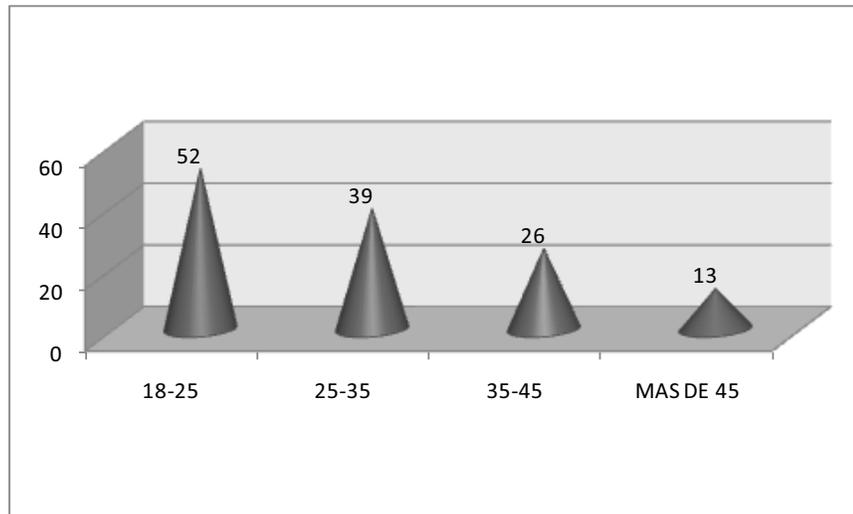
Pregunta 10: ¿Qué tema dentro de la nanotecnología le interesaría conocer y/o profundizar?

Figura 57. Temas de interés de nanotecnología en profesionales



Fuente: elaboración propia.

Figura 58. **Edades de profesionales interesados en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado**

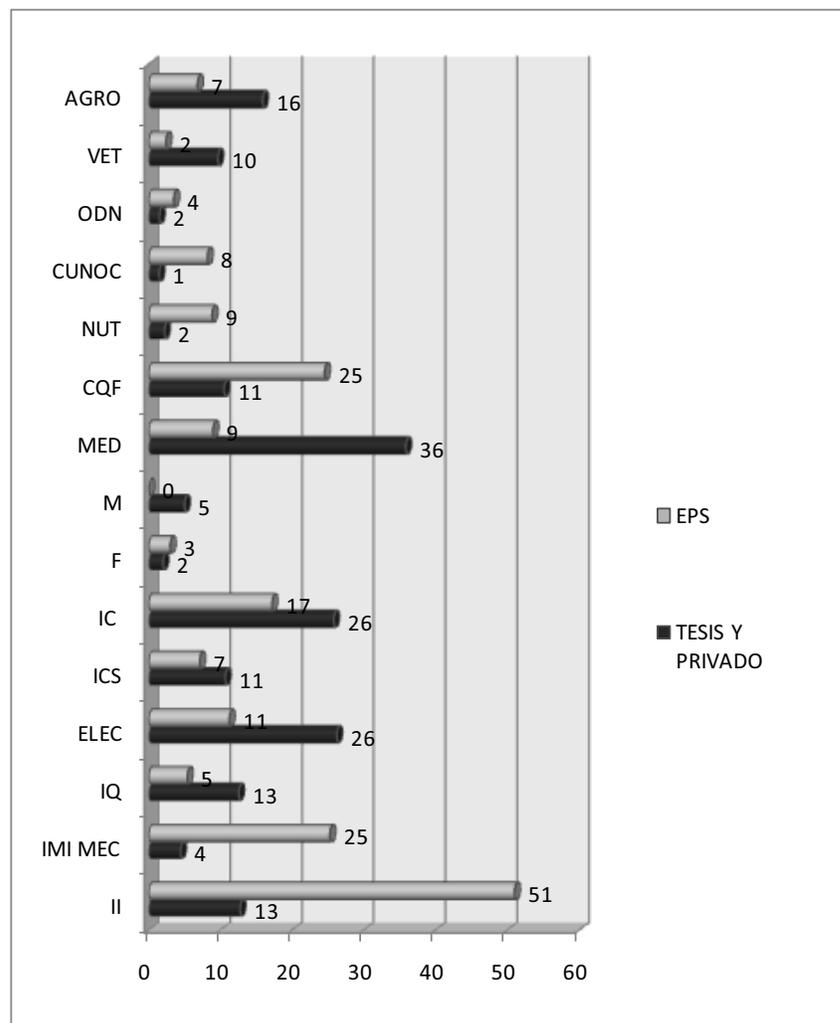


Fuente: elaboración propia.

- Encuesta a alumnos universitarios:

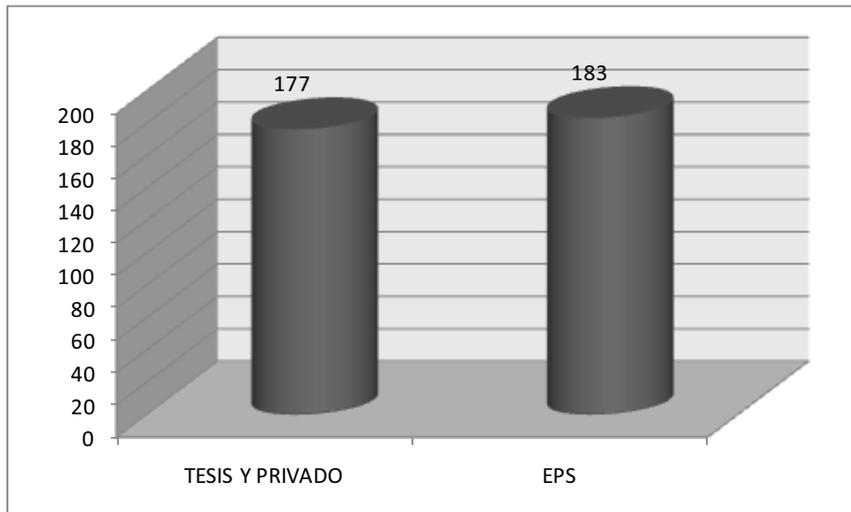
Pregunta 1: ¿Qué opción piensa elegir para obtener su título universitario?

Figura 59. **Opciones que prefieren los estudiantes para obtener su título universitario**



Fuente: elaboración propia.

Figura 60. **Opción a elegir para obtener título universitario**



Fuente: elaboración propia.

Pregunta 2: ¿En qué área científica o tecnológica le interesaría realizar su trabajo de graduación?

- Agronomía
 - Área de manejo de suelo y agua
 - Producción agrícola
 - Biotecnología
 - Manejo de hortalizas
 - Producción de nuevas semillas

- Odontología
 - Estética dental
 - Salud

- Veterinaria y zootecnia
 - Bioquímica
 - Animales prematuros
 - Área silvestre
 - Campo

- Ciencias químicas y farmacia
 - Medicinas
 - Laboratorios

- Nutrición
 - Área industrial
 - Investigación y desarrollo
 - Tecnología de alimentos

- Medicina
 - Anestesia
 - Medicina interna
 - Nanotecnología

- Ingeniería industrial
 - Administración
 - Seguridad industrial
 - Informática

- Ingeniería mecánica y mecánica industrial
 - Motores
 - Eficiencia energética
 - Control numérico computarizado
 - Maquinaria industrial
 - Desarrollo Tecnológico

- Ingeniería química
 - Ingeniería del azúcar
 - Tratamiento de agua
 - Alimentos
 - Refrigeración
 - Alternativas de energía
 - Industria farmacéutica

- CUNOC
 - Aguas fluviales
 - Vial
 - Innovación Tecnológica
 - Socavación de puentes
 - Estructuras
 - Maquinas del futuro
 - Hidráulica

- Ingeniería civil
 - Estructuras
 - Aguas
 - Carreteras
 - Sanitaria

- Ingeniería electrónica y eléctrica
 - Industria
 - Maquinas eléctricas
 - Subestaciones eléctricas
 - Simulación
 - Interfaz computadora-cerebro

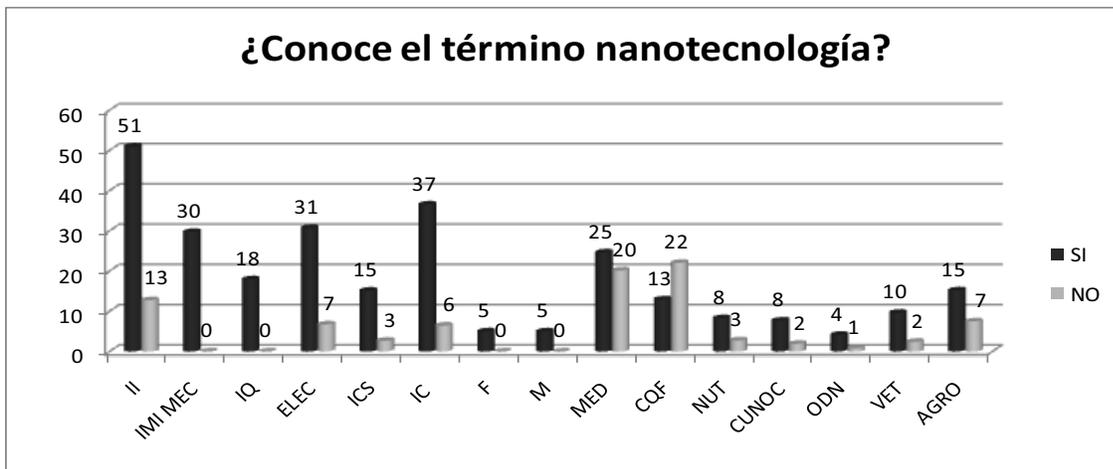
- Ingeniería en ciencias y sistemas
 - Desarrollo de sistemas para la industria
 - Robótica
 - Inteligencia artificial
 - Análisis y diseño de sistemas
 - Tecnología

- Física
 - Física de altas energías
 - Astronomía
 - Geofísica
 - Astrofísica

- Partículas
- Ciencias computacionales
- Física teórica
- Matemática
 - Estadística
 - Análisis de datos

Pregunta 4: ¿Conoce el término nanotecnología?

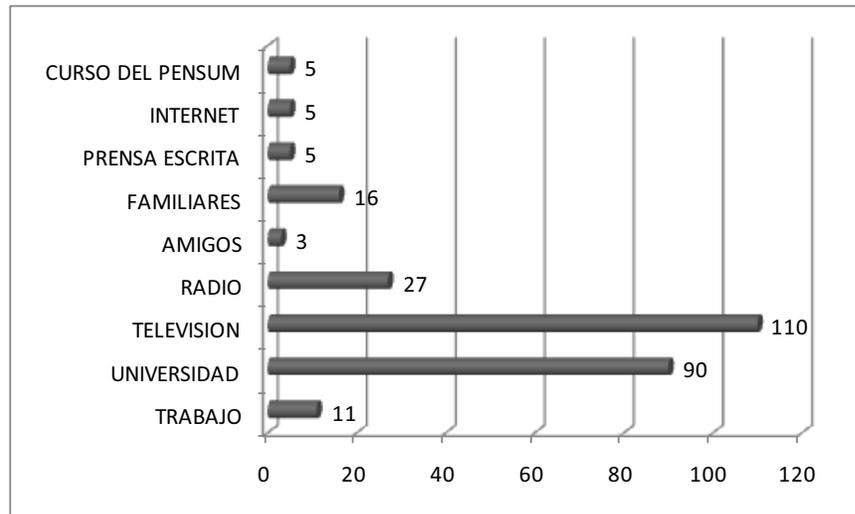
Figura 61. **Conocimiento de nanotecnología de los estudiantes universitarios**



Fuente: elaboración propia.

Pregunta 5: Por qué motivo obtuvo información sobre este tema:

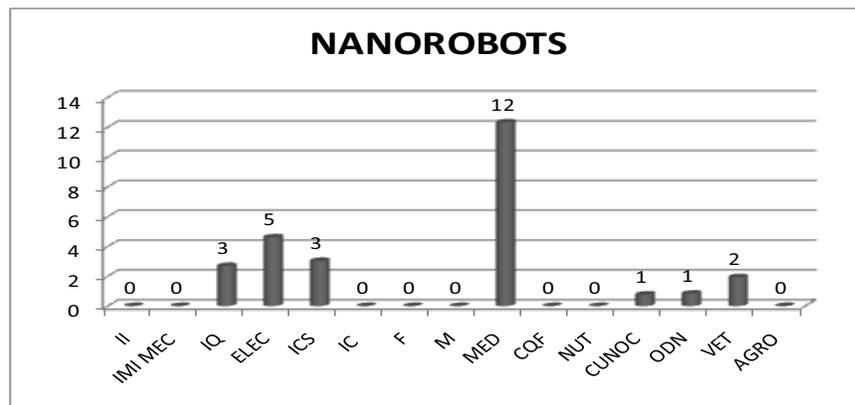
Figura 62. **Medios de información sobre nanotecnología en los alumnos universitarios**



Fuente: elaboración propia.

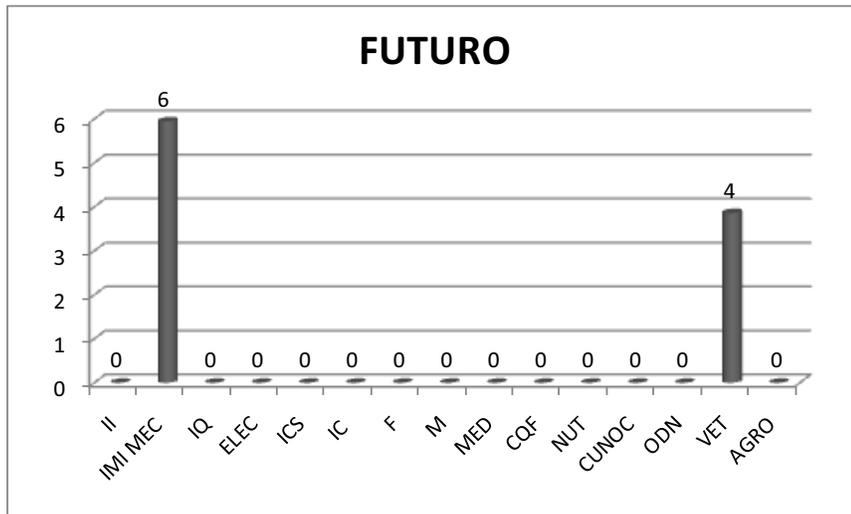
Pregunta 6: ¿Cómo definiría nanotecnología?

Figura 63. **Estudiantes que definieron nanotecnología como nanorobots**



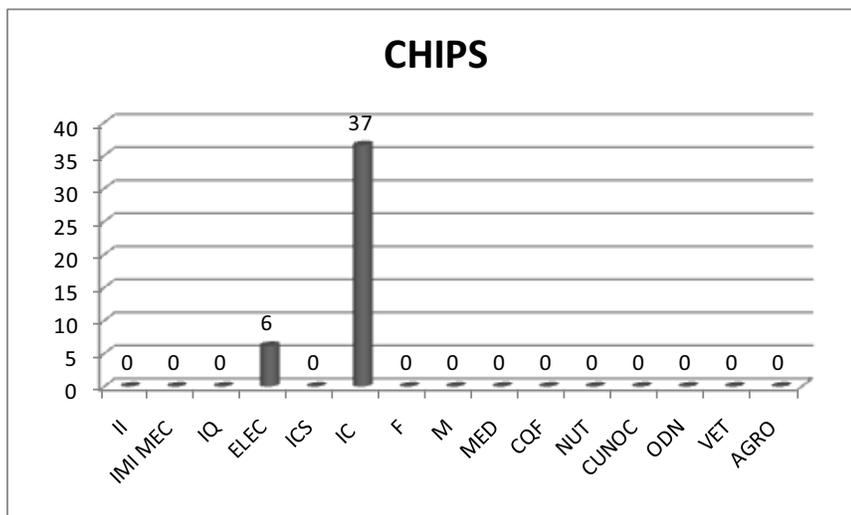
Fuente: elaboración propia.

Figura 64. **Estudiantes que definieron nanotecnología como algo del futuro**



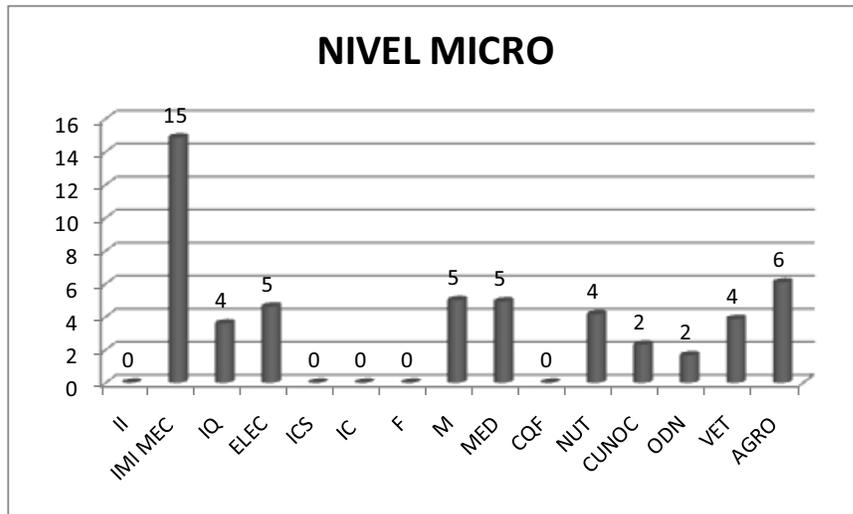
Fuente: elaboración propia.

Figura 65. **Estudiantes que definieron nanotecnología como chips**



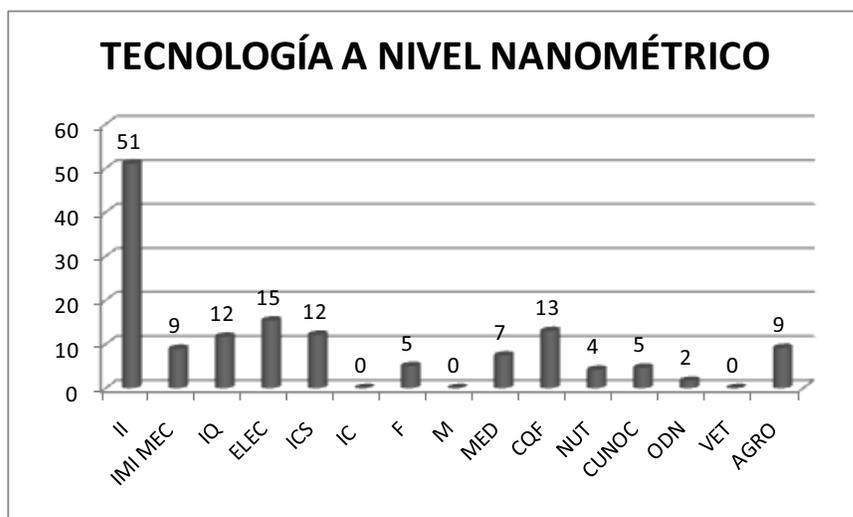
Fuente: elaboración propia.

Figura 66. **Estudiantes que definieron nanotecnología como tecnología a nivel micro**



Fuente: elaboración propia.

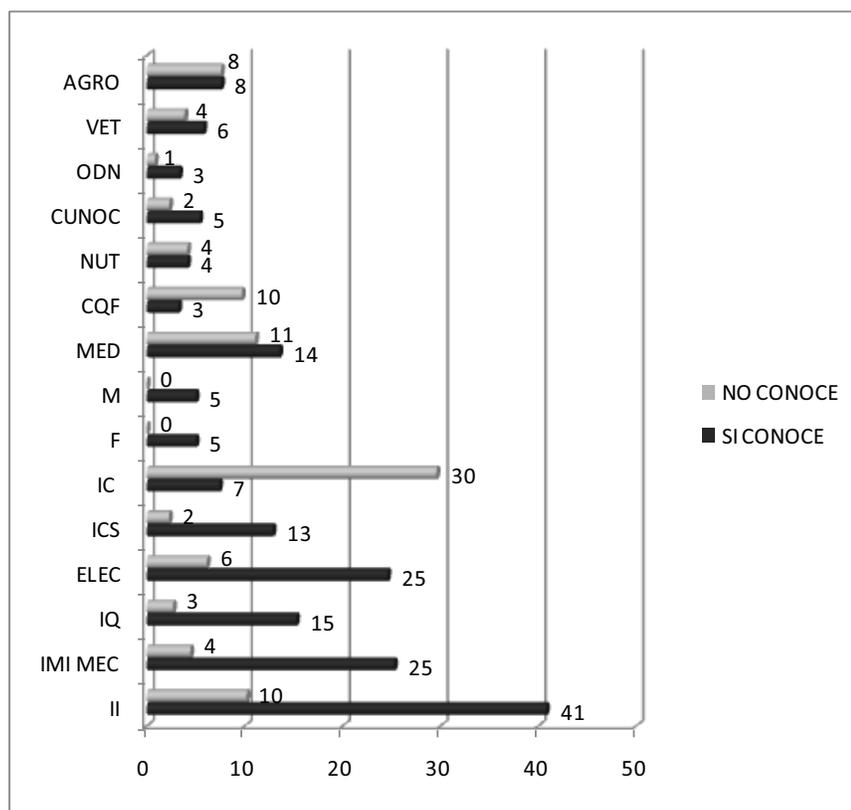
Figura 67. **Estudiantes que definieron nanotecnología como tecnología a nivel nanométrico**



Fuente: elaboración propia.

Al examinar la definición que brindaron se analizó que no todos sabían realmente el concepto de nanotecnología por lo que en la siguiente gráfica se muestran a los alumnos que realmente conocen el término de nanotecnología.

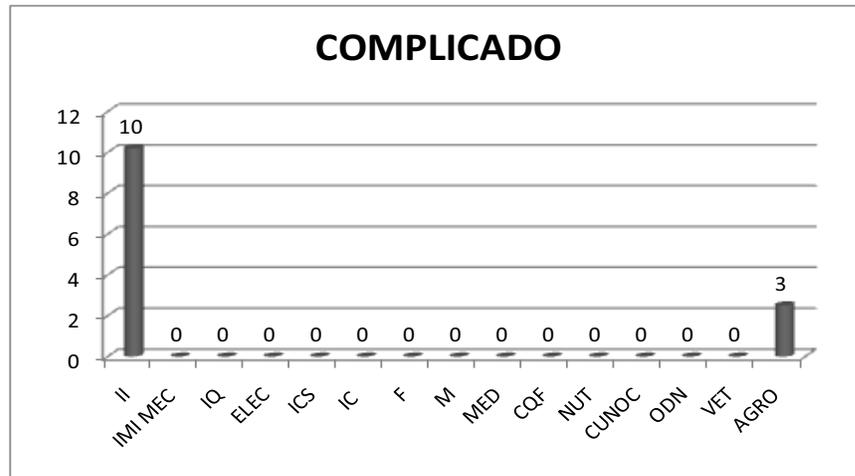
Figura 68. **Conocimiento de los estudiantes universitarios en nanotecnología dependiendo de la definición dada**



Fuente: elaboración propia.

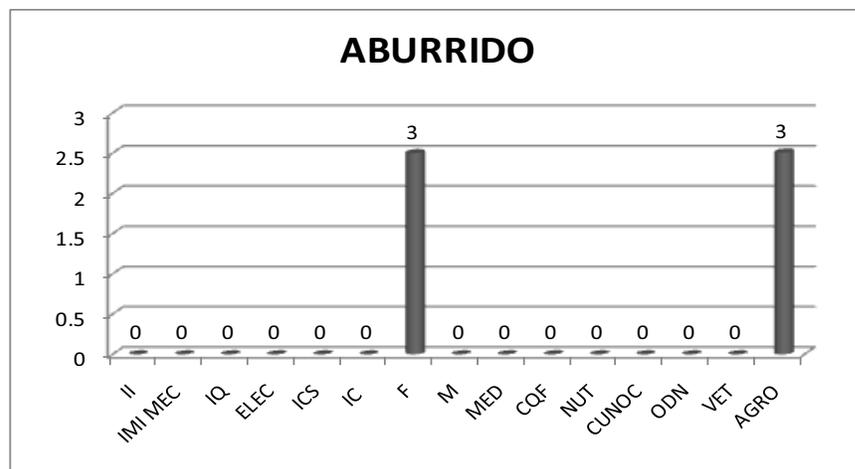
Pregunta 3: Cuando escucha la palabra “nanotecnología” le parece un tema:

Figura 69. **Estudiantes universitarios a quienes la nanotecnología les parece un tema complicado**



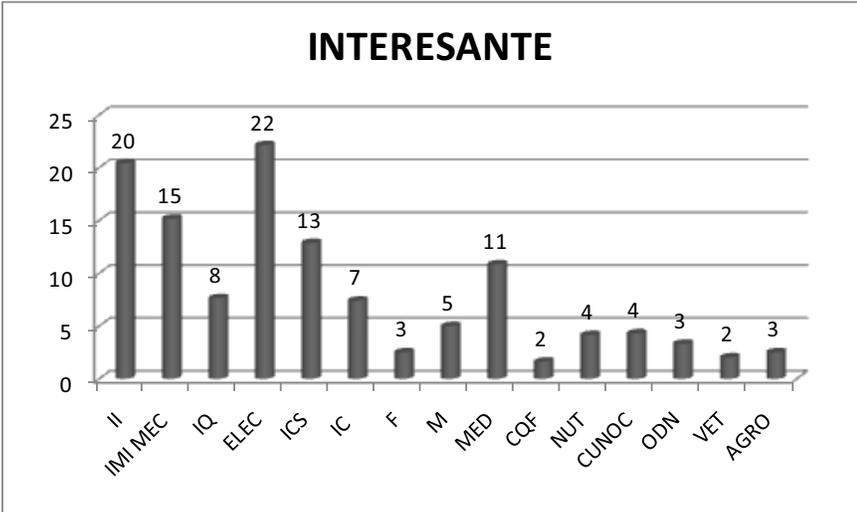
Fuente: elaboración propia.

Figura 70. **Estudiantes universitarios a quienes la nanotecnología les parece un tema aburrido**



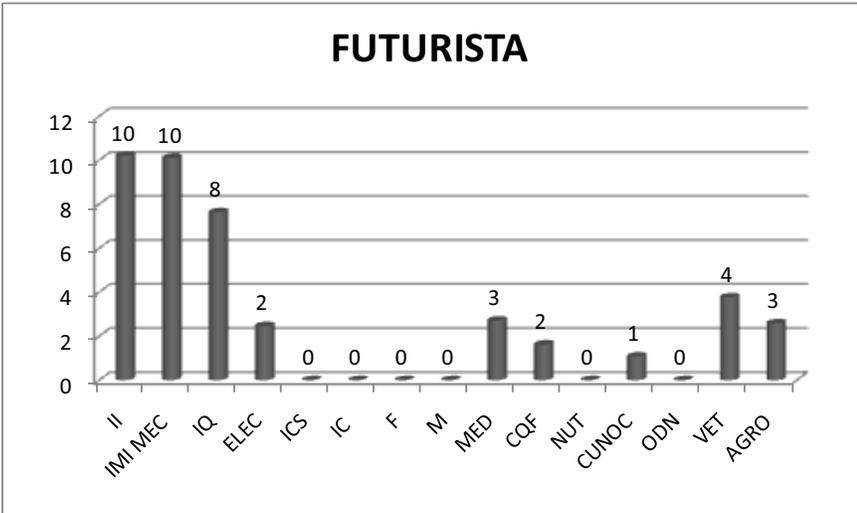
Fuente: elaboración propia.

Figura 71. **Estudiantes universitarios a quienes la nanotecnología les parece un tema interesante**



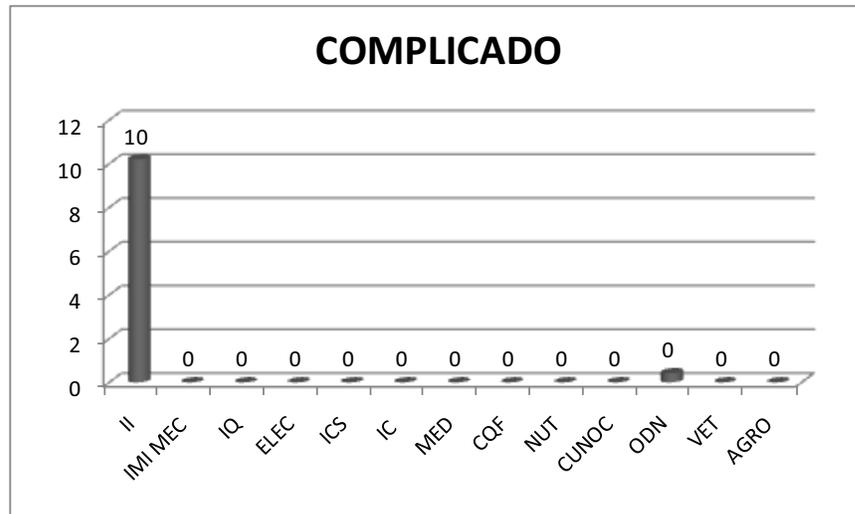
Fuente: elaboración propia.

Figura 72. **Estudiantes universitarios a quienes la nanotecnología les parece un tema futurista**



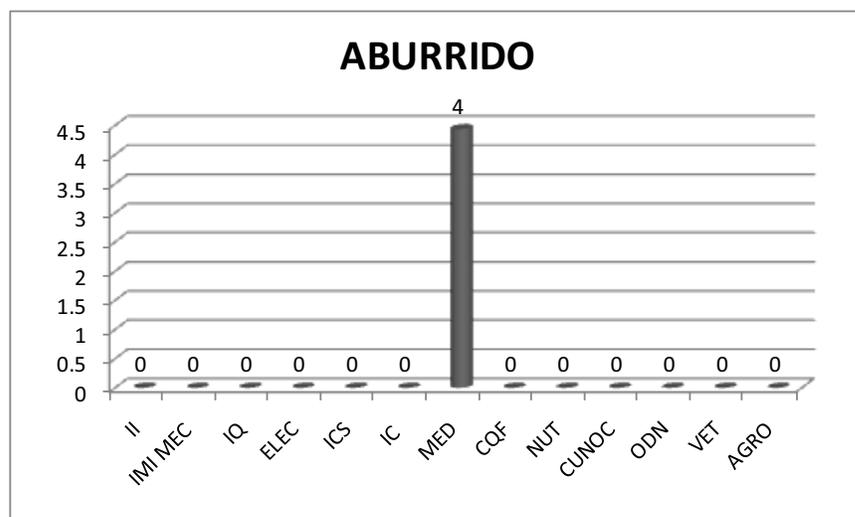
Fuente: elaboración propia.

Figura 73. **Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes la nanotecnología les parece un tema complicado**



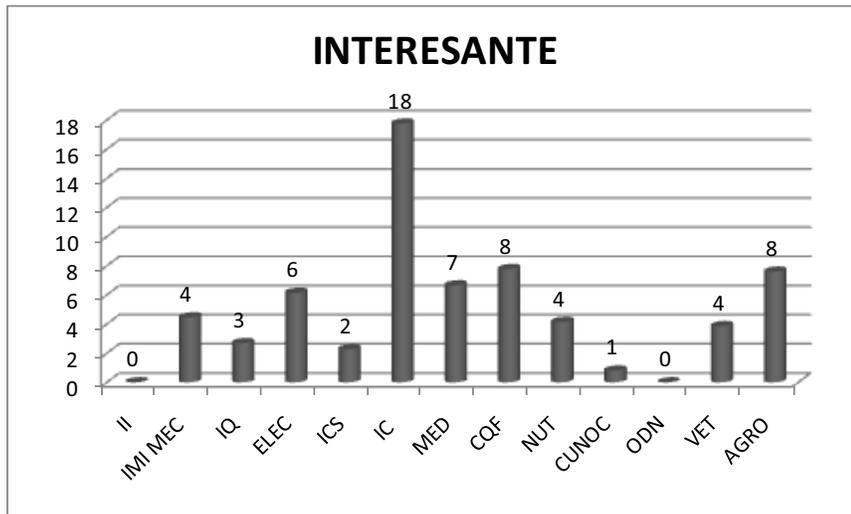
Fuente: elaboración propia.

Figura 74. **Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes la nanotecnología les parece un tema aburrido**



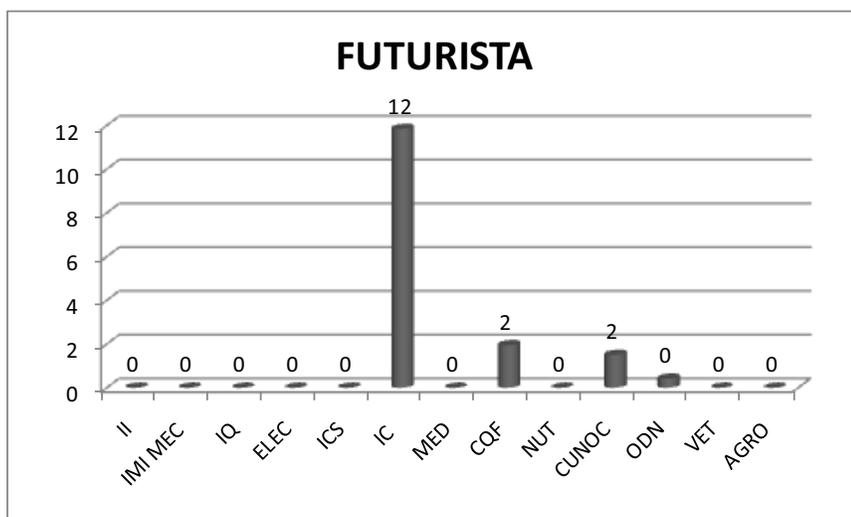
Fuente: elaboración propia.

Figura 75. **Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes la nanotecnología les parece un tema interesante**



Fuente: elaboración propia.

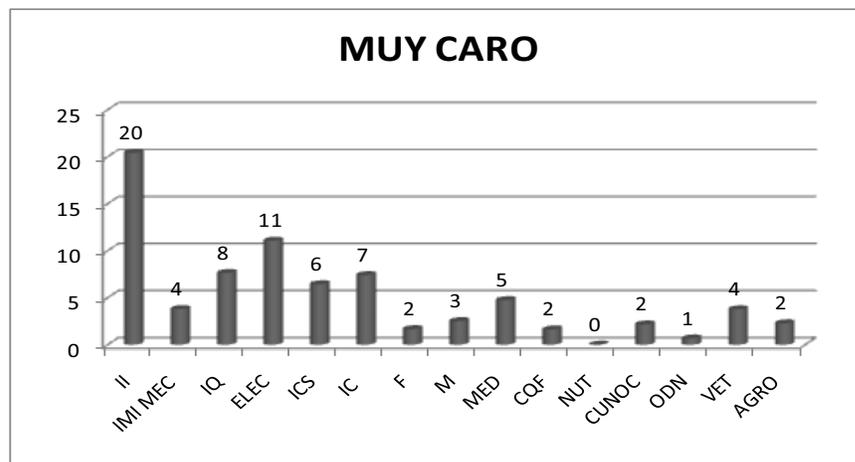
Figura 76. **Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes la nanotecnología les parece un tema futurista**



Fuente: elaboración propia.

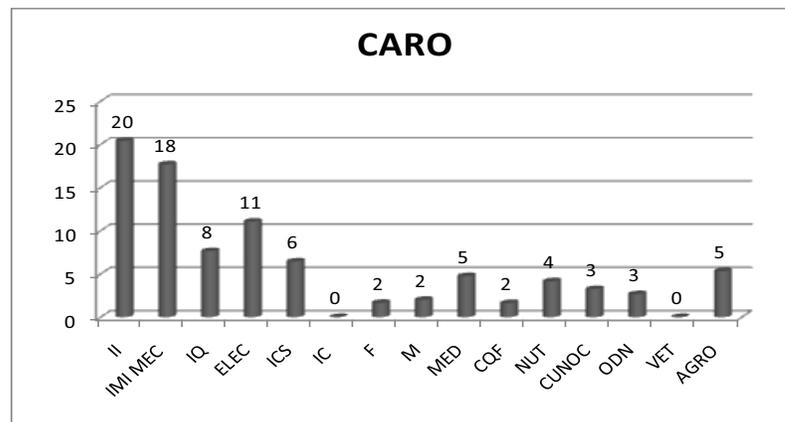
Pregunta 7: Cuando escucha “Estudios de Especialización en Nanotecnología” usted piensa que sería:

Figura 77. **Estudiantes universitarios que conocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería muy caro**



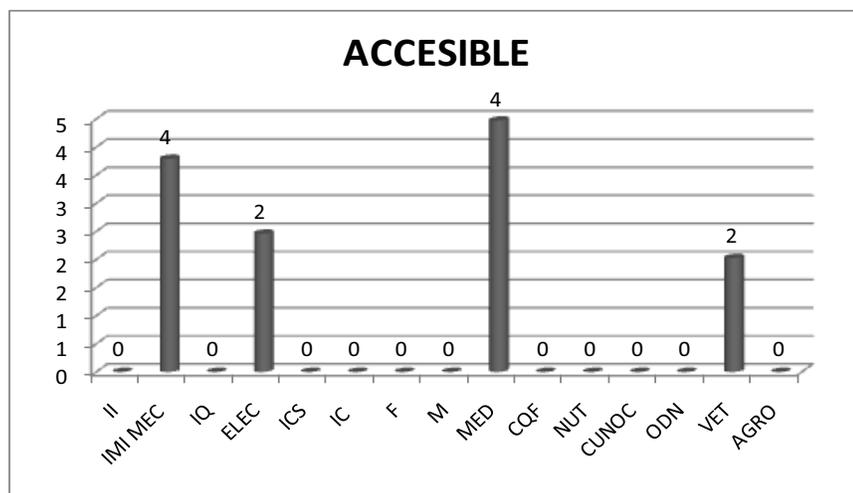
Fuente: elaboración propia.

Figura 78. **Estudiantes universitarios que conocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería caro**



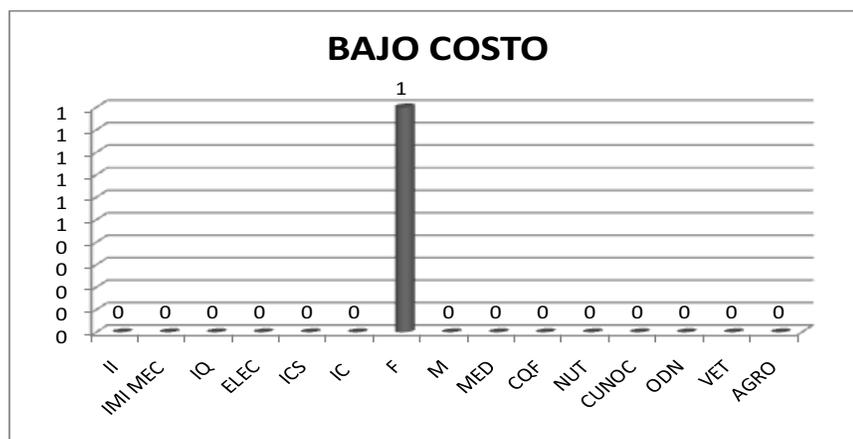
Fuente: elaboración propia.

Figura 79. **Estudiantes universitarios que conocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería accesible**



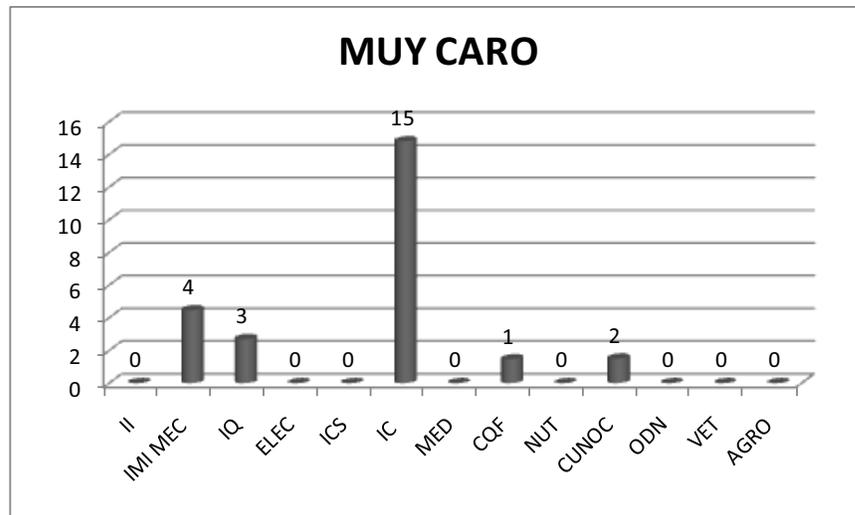
Fuente: elaboración propia.

Figura 80. **Estudiantes universitarios que conocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería de bajo costo**



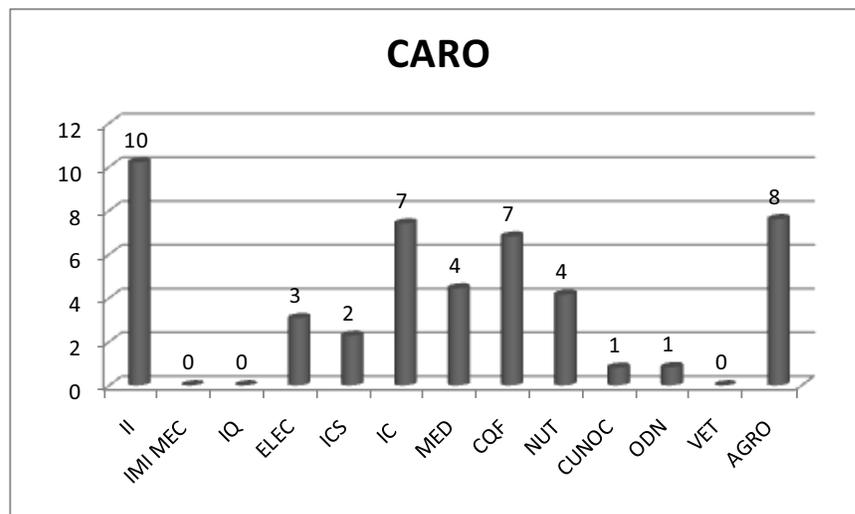
Fuente: elaboración propia.

Figura 81. **Estudiantes universitarios que desconocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería muy caro**



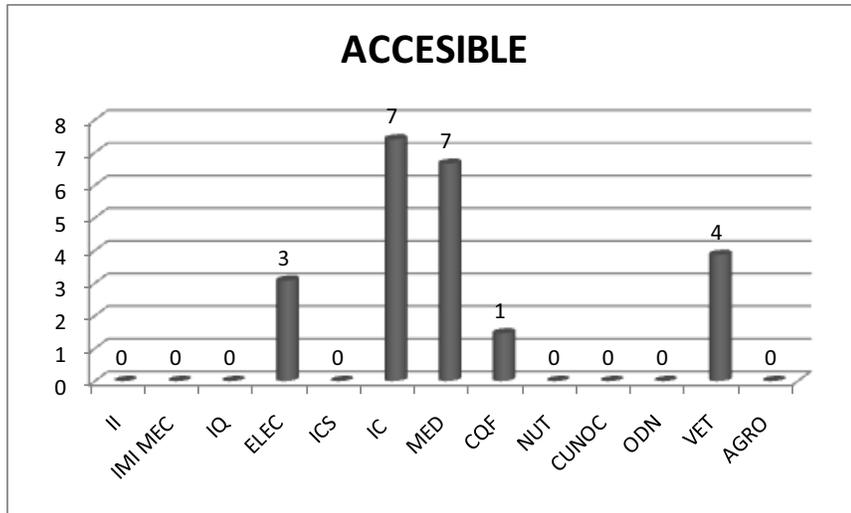
Fuente: elaboración propia.

Figura 82. **Estudiantes universitarios que desconocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería caro**



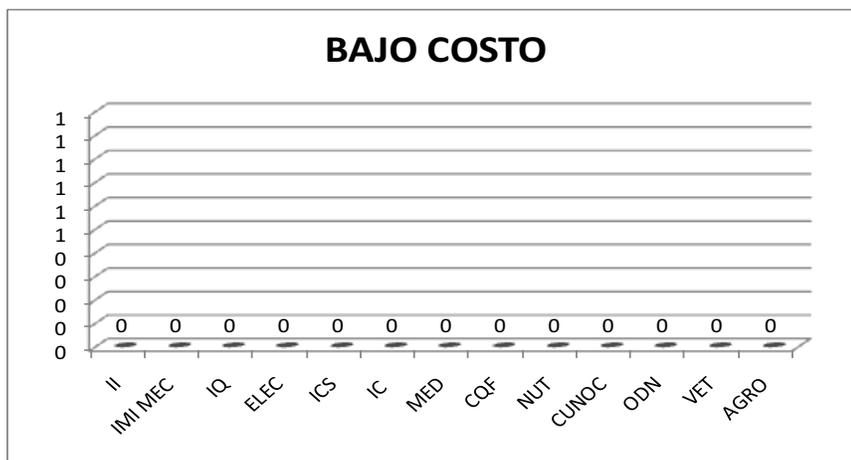
Fuente: elaboración propia.

Figura 83. **Estudiantes universitarios que desconocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería accesible**



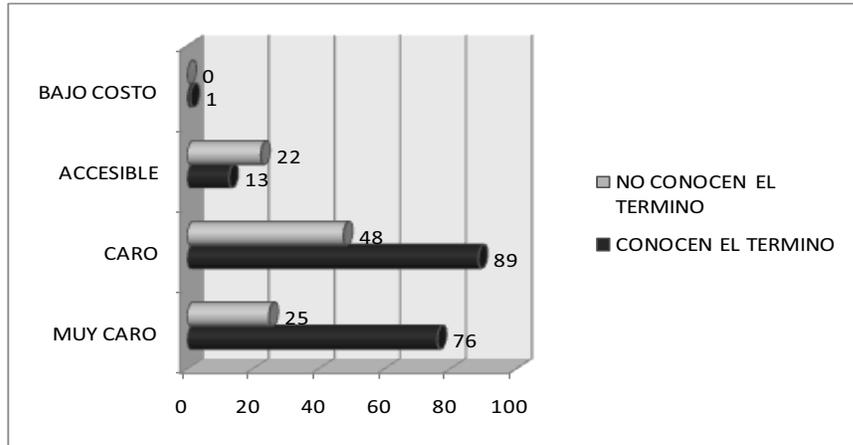
Fuente: elaboración propia.

Figura 84. **Estudiantes universitarios que desconocen el término que piensan que un estudio de especialización en nanotecnología sería de bajo costo**



Fuente: elaboración propia.

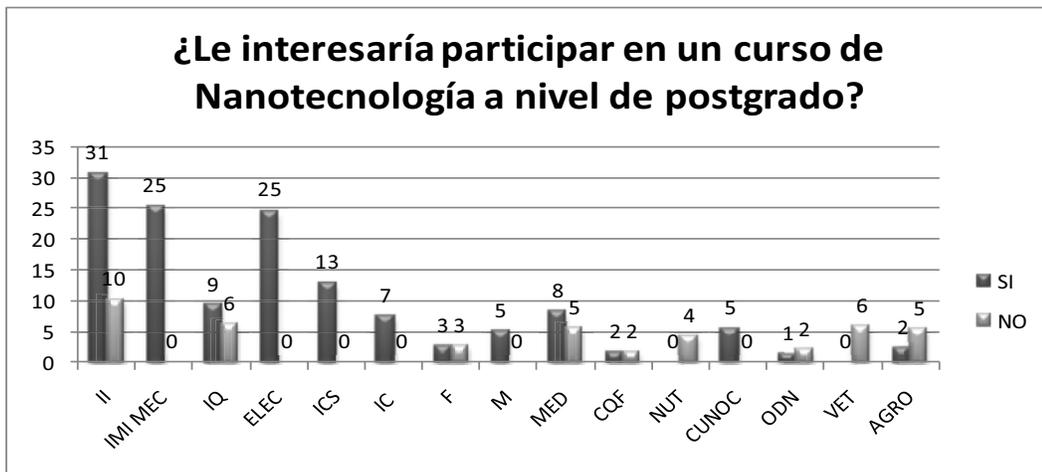
Figura 85. **Percepción económica de estudios de especialización en nanotecnología de los estudiantes universitarios**



Fuente: elaboración propia.

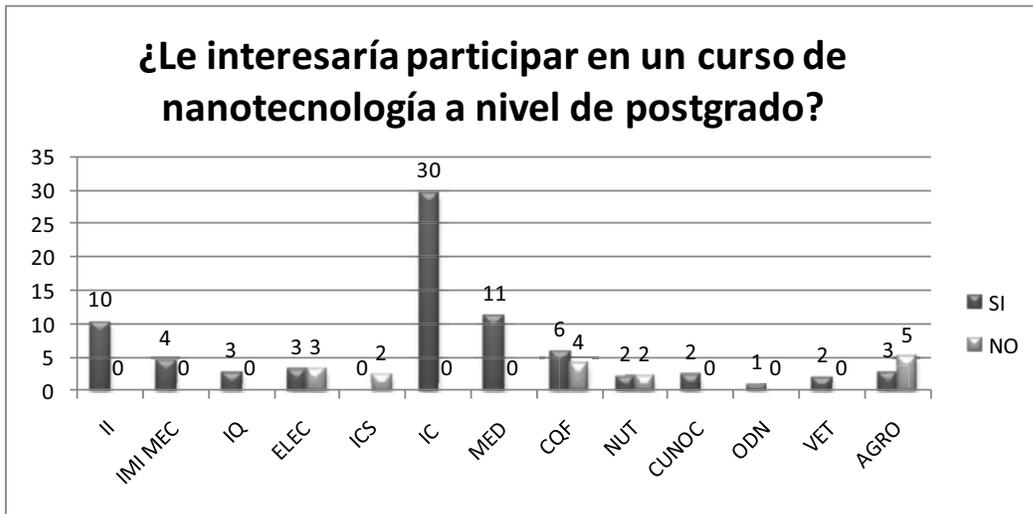
Pregunta 8: ¿Le interesaría participar en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado?

Figura 86. **Estudiantes universitarios que conocen el término a quienes les interesa participar en un curso de nanotecnología**



Fuente: elaboración propia.

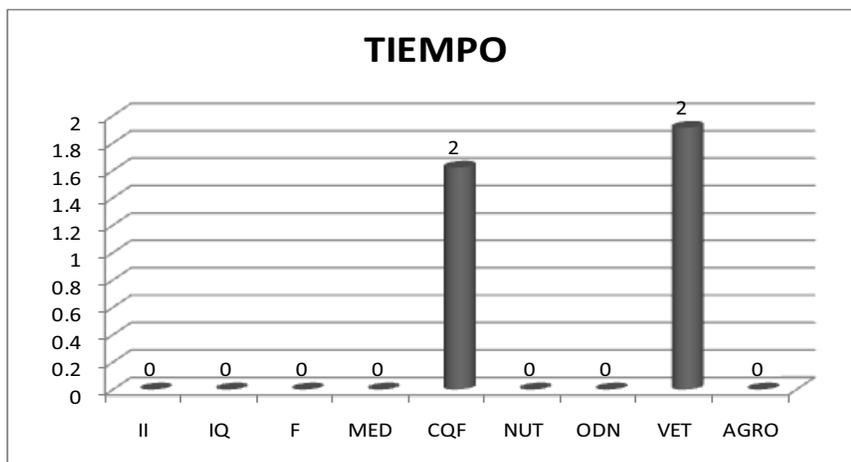
Figura 87. **Estudiantes universitarios que desconocen el término a quienes les interesa participar en un curso de nanotecnología**



Fuente: elaboración propia.

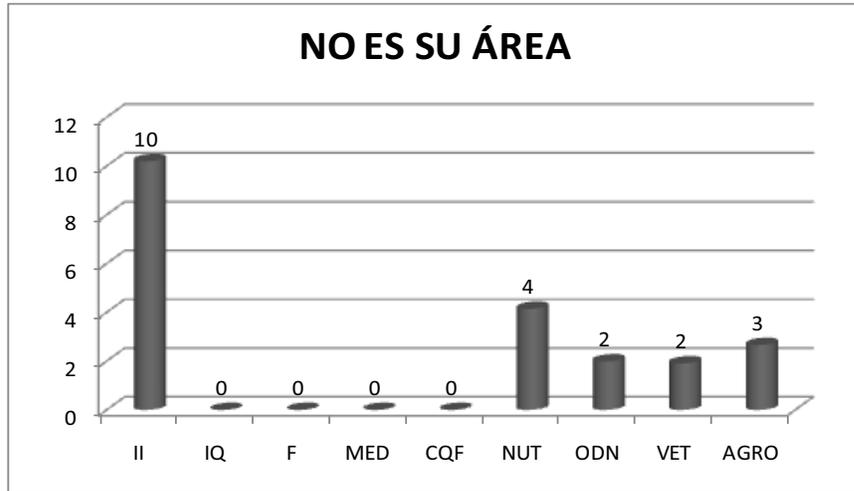
Pregunta 8 a) Si su respuesta es negativa, describa brevemente sus razones:

Figura 88. **Estudiantes universitarios a quienes no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido al tiempo**



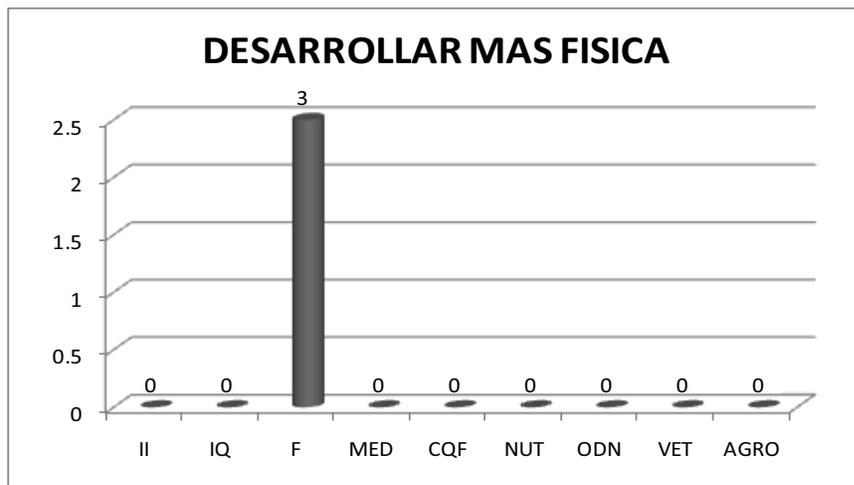
Fuente: elaboración propia.

Figura 89. **Estudiantes universitarios a quienes no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a que no es su área**



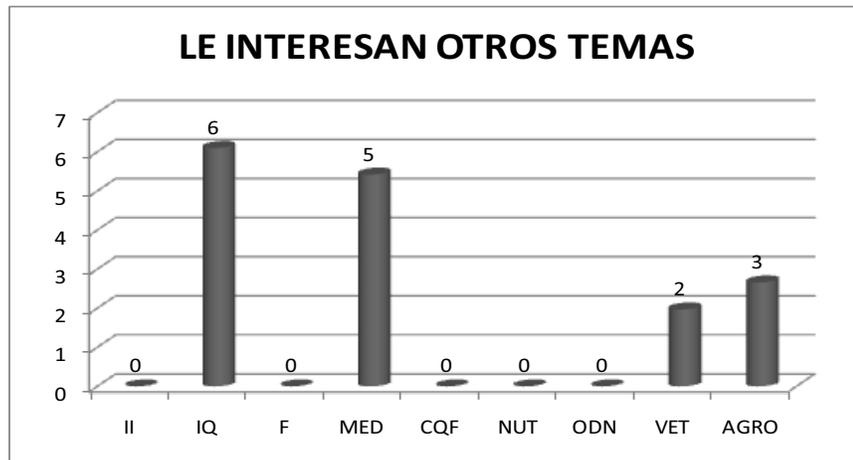
Fuente: elaboración propia.

Figura 90. **Estudiantes universitarios a quienes no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a que es necesario desarrollar más la física**



Fuente: elaboración propia.

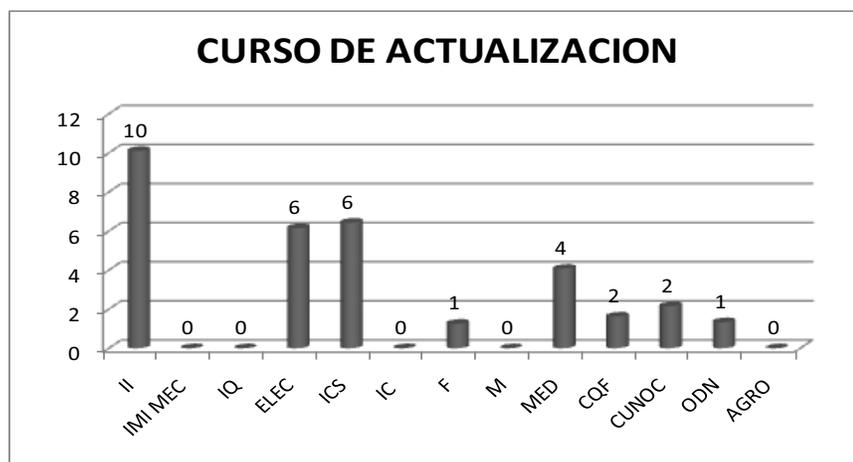
Figura 91. **Estudiantes universitarios a quienes no les interesa un curso de nanotecnología a nivel de postgrado debido a que le interesan otras áreas**



Fuente: elaboración propia.

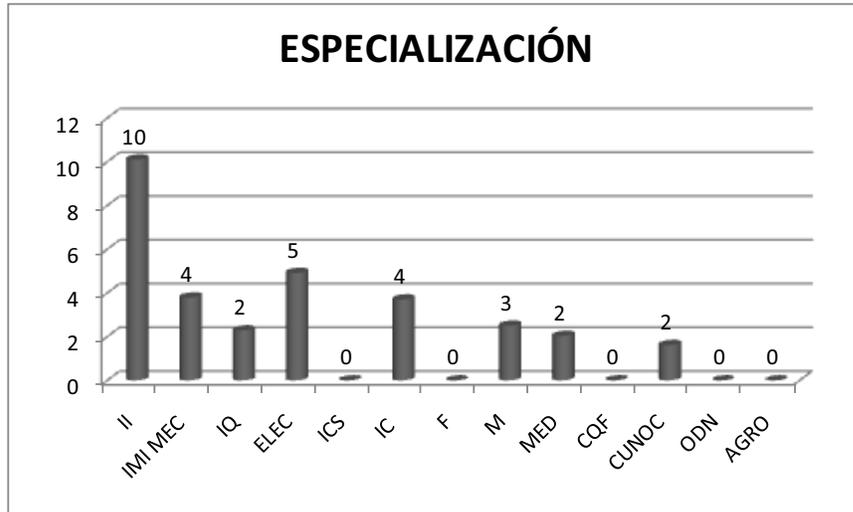
Pregunta 8 b) Si su respuesta es positiva, ¿a qué nivel?

Figura 92. **Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de actualización**



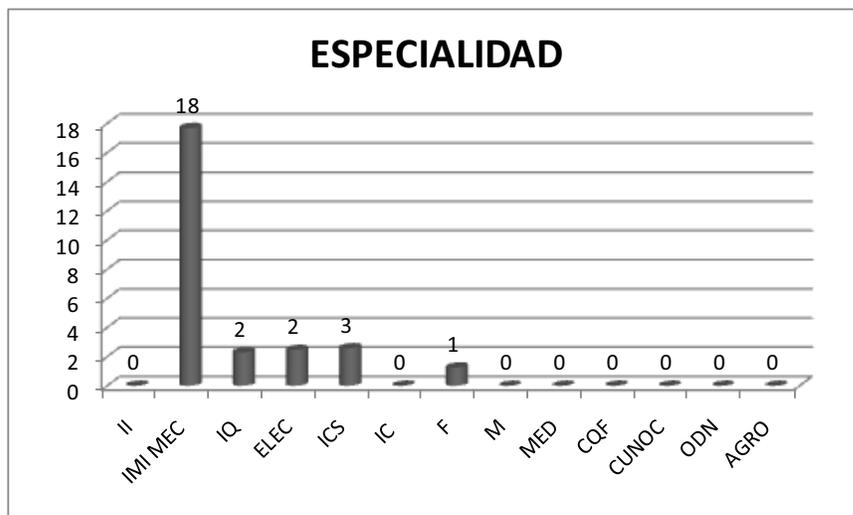
Fuente: elaboración propia.

Figura 93. **Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialización**



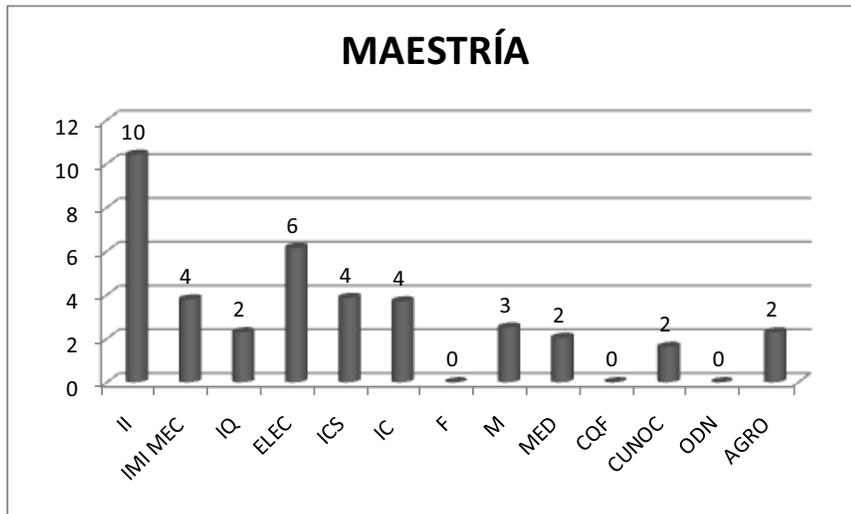
Fuente: elaboración propia.

Figura 94. **Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialidad**



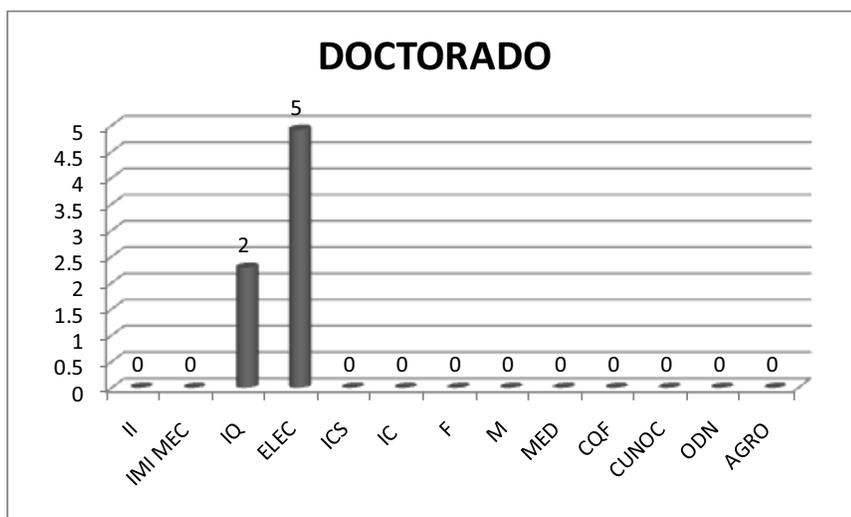
Fuente: elaboración propia.

Figura 95. **Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una maestría**



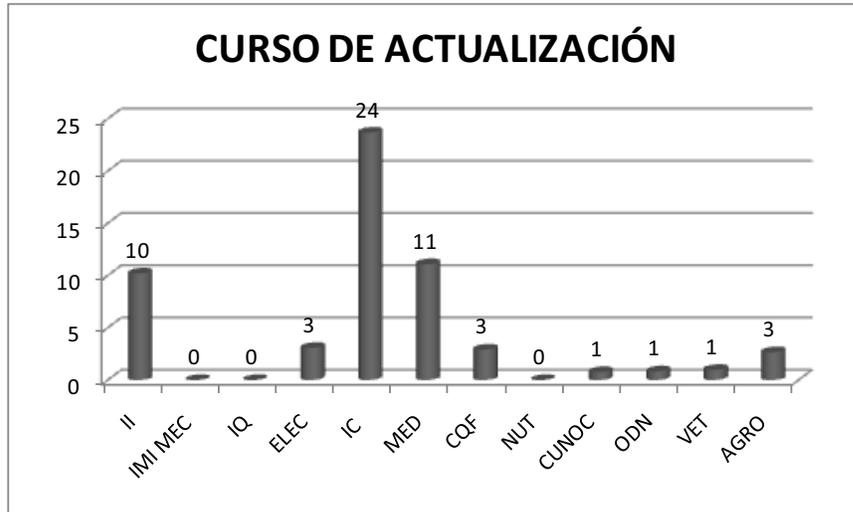
Fuente: elaboración propia.

Figura 96. **Estudiantes universitarios que conocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un doctorado**



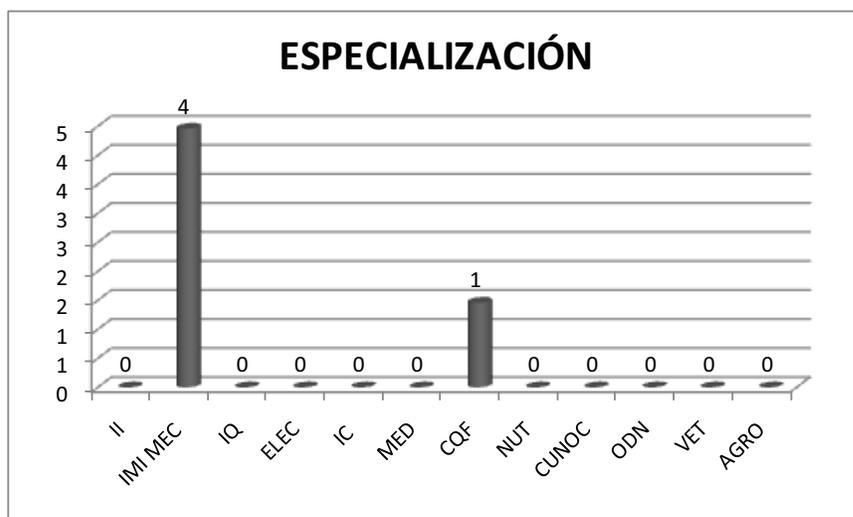
Fuente: elaboración propia.

Figura 97. **Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un curso de actualización**



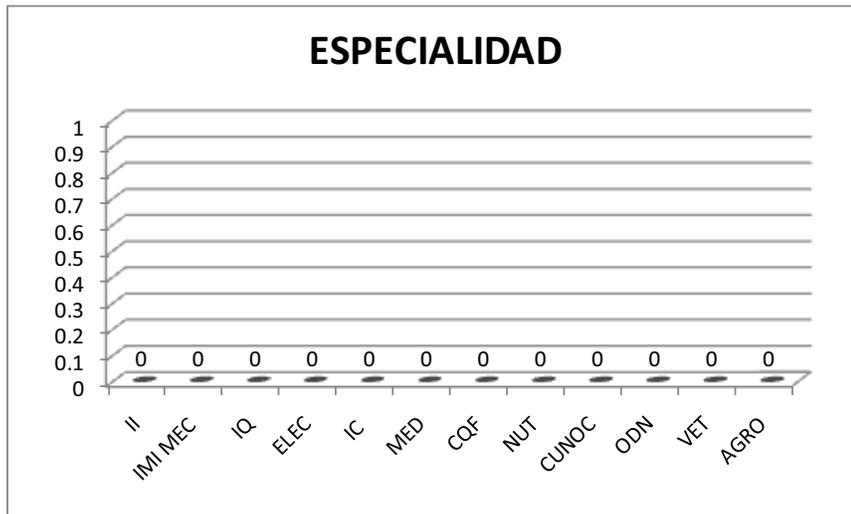
Fuente: elaboración propia.

Figura 98. **Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialización**



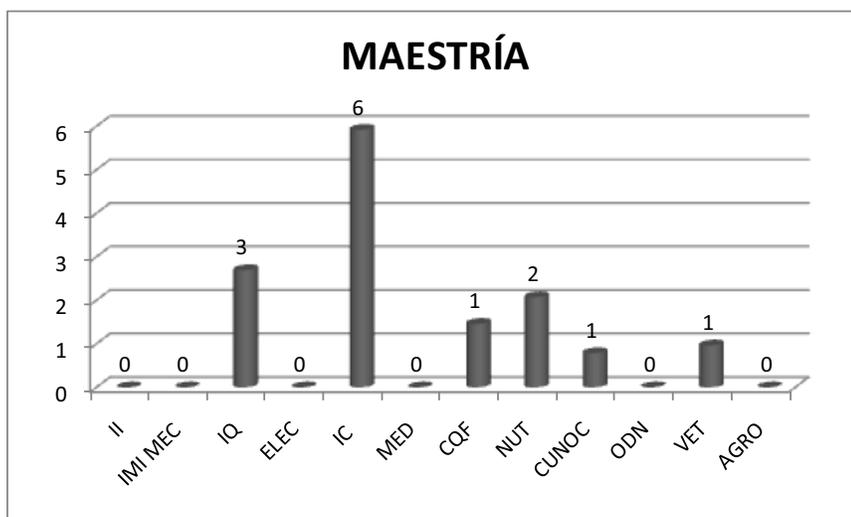
Fuente: elaboración propia.

Figura 99. **Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una especialidad**



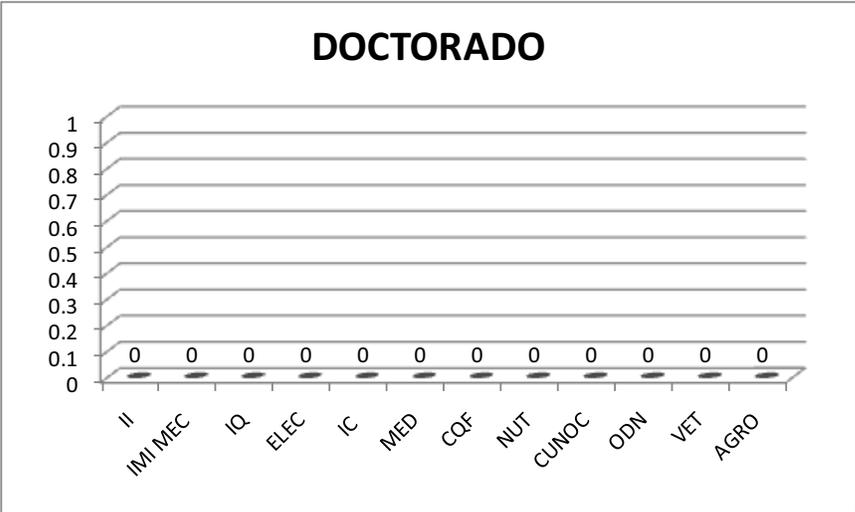
Fuente: elaboración propia.

Figura 100. **Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa una maestría**



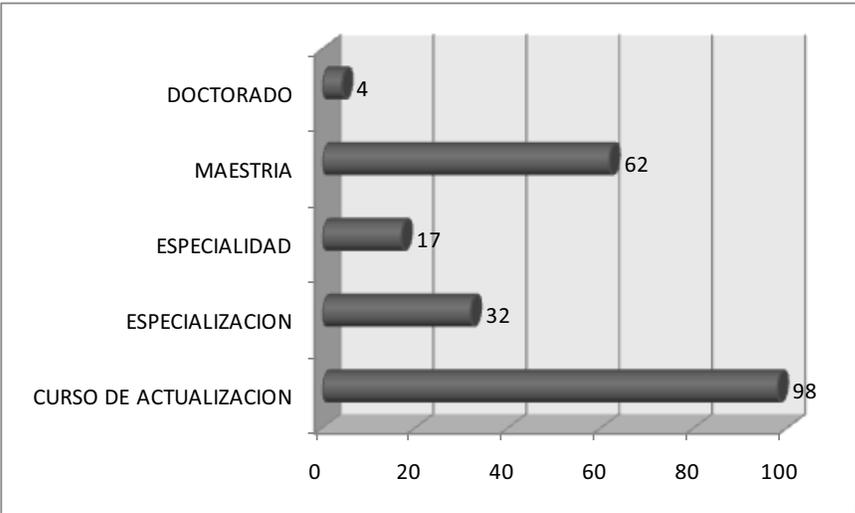
Fuente: elaboración propia.

Figura 101. **Estudiantes universitarios que desconocen el término de nanotecnología a quienes les interesa un doctorado**



Fuente: elaboración propia.

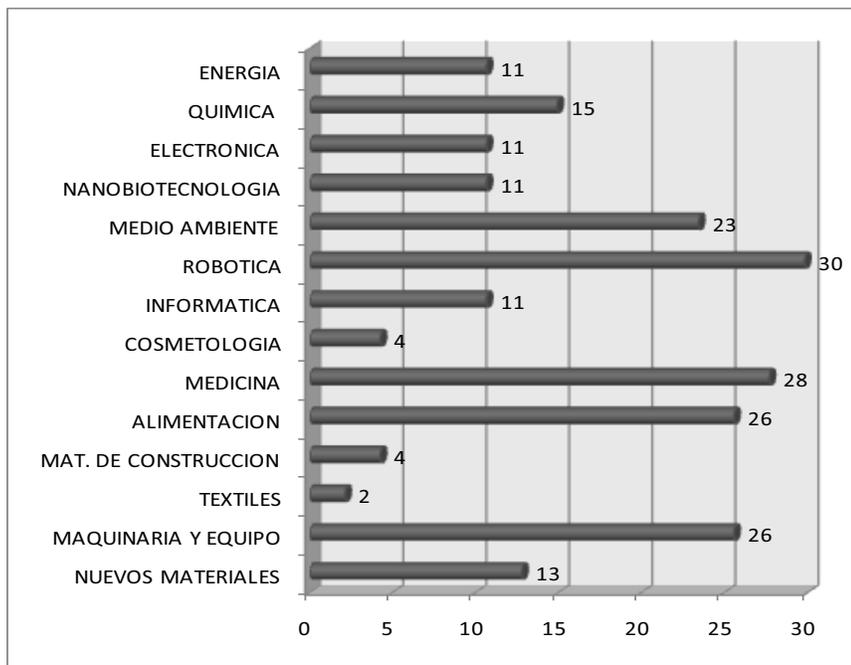
Figura 102. **Nivel de postgrado en nanotecnología que interesa a los alumnos universitarios**



Fuente: elaboración propia.

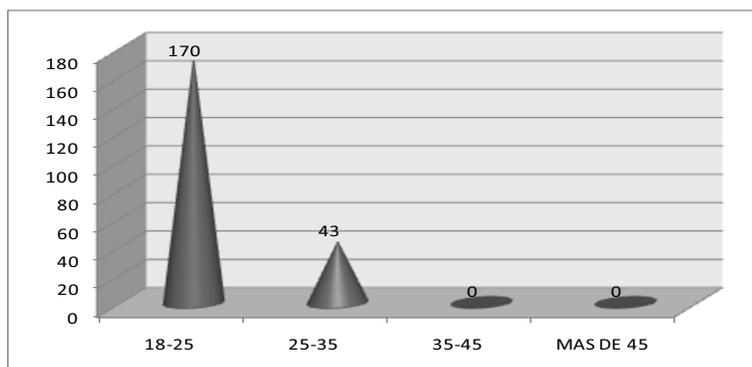
Pregunta 9: ¿Qué tema dentro de la nanotecnología le interesaría conocer y/o profundizar?

Figura 103. **Temas de interés dentro de la nanotecnología que interesa a los alumnos universitarios**



Fuente: elaboración propia.

Figura 104. **Edades de los alumnos interesados en curso a nivel de postgrado de nanotecnología**



Fuente: elaboración propia.

- Encuesta a las empresas:

Para las empresas se realizaron encuestas en los siguientes sectores.

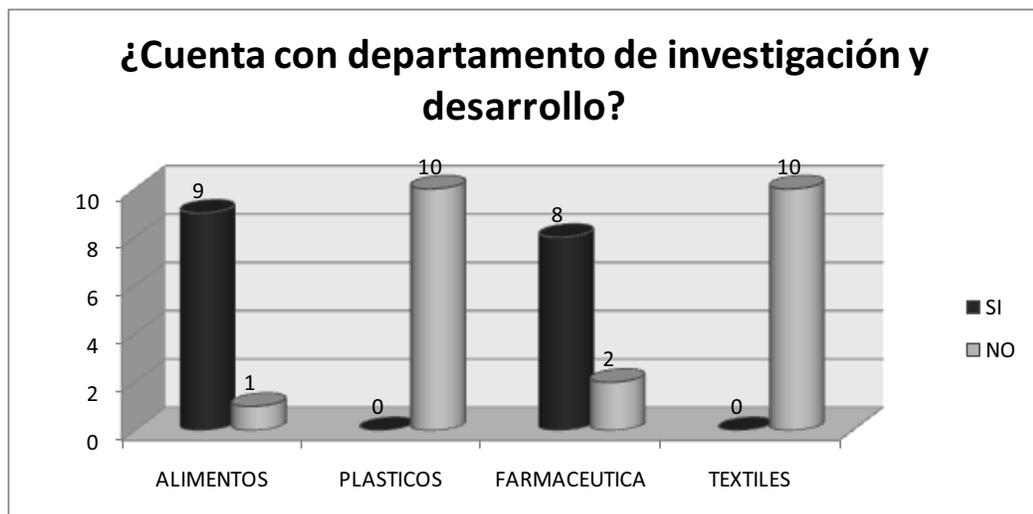
Tabla IX. **Empresas Encuestadas**

ALIMENTOS	10
PLASTICOS	10
FARMACEUTICA	10
TEXTILES	10

Fuente: elaboración propia.

Pregunta 1: ¿Cuenta con departamento de investigación y desarrollo?

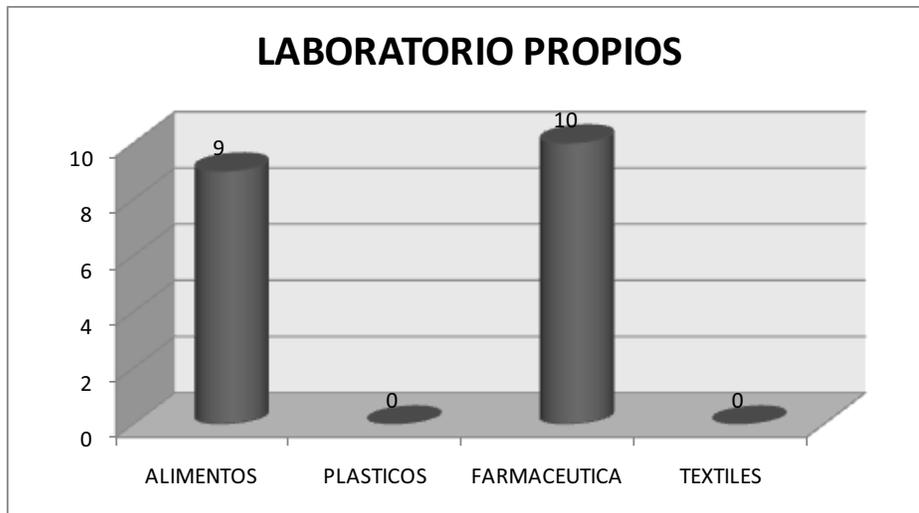
Figura 105. **Investigación y Desarrollo en las empresas**



Fuente: elaboración propia.

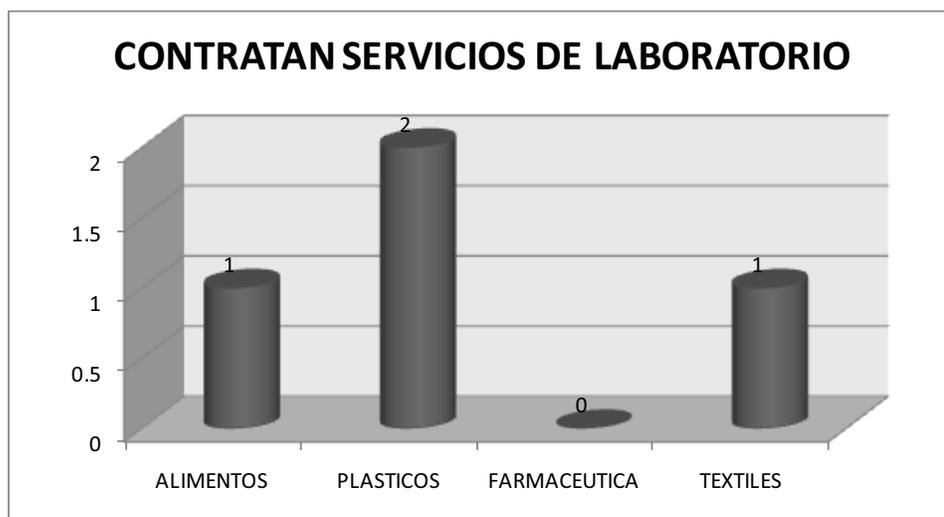
Pregunta 2: ¿Qué utiliza la empresa para realizar investigaciones?

Figura 106. **Empresas que utilizan laboratorios propios**



Fuente: elaboración propia.

Figura 107. **Empresas que contratan servicios de laboratorios**



Fuente: elaboración propia.

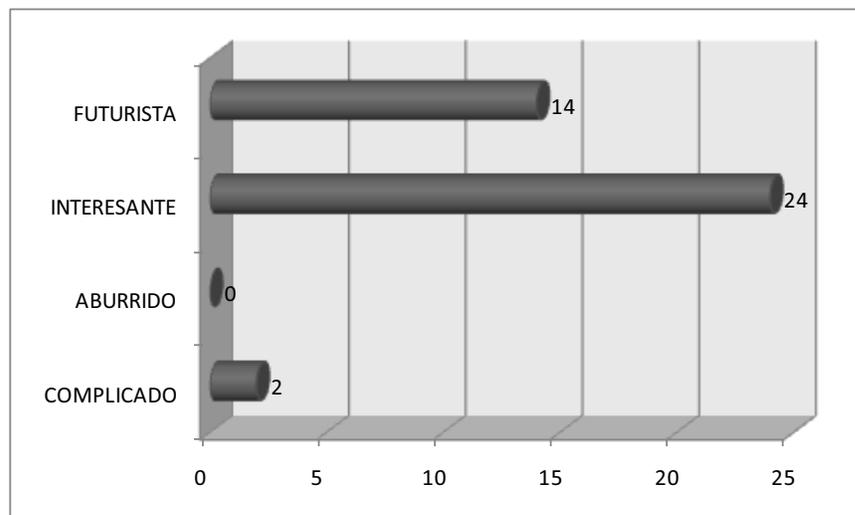
Figura 108. **Empresas que no realizan investigaciones**



Fuente: elaboración propia.

Pregunta 3: Cuando escucha la palabra "nanotecnología" le parece un tema:

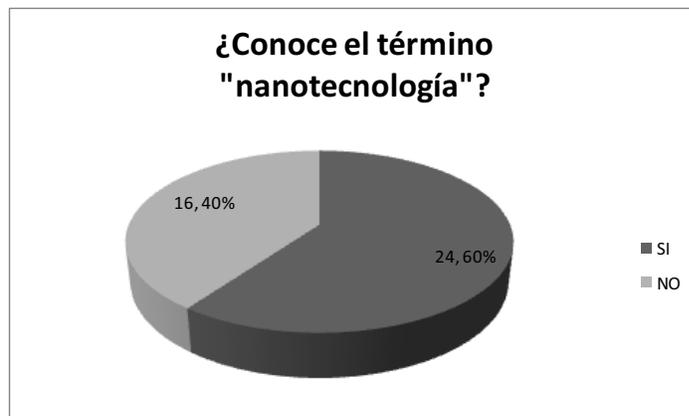
Figura 109. **Percepción de la nanotecnología en las empresas**



Fuente: elaboración propia.

Pregunta 4: ¿Conoce el término “nanotecnología”?

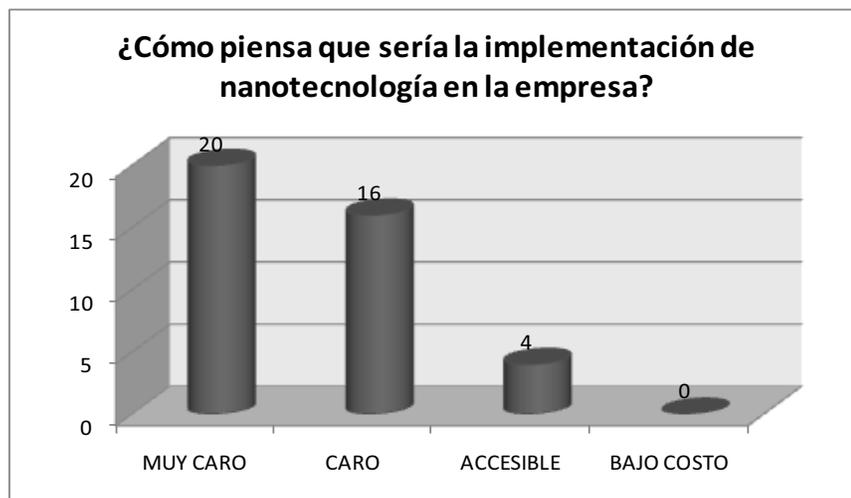
Figura 110. **Conocimiento de nanotecnología en las empresas**



Fuente: elaboración propia.

Pregunta 5: ¿Cómo piensa que sería la implementación de la nanotecnología en la empresa?

Figura 111. **Percepción económica de la nanotecnología en las empresas**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.6. Análisis de los resultados en encuestas

Al analizar los resultados de las encuestas, se ha determinado que la mayor demanda de nanotecnología se encuentra en las áreas de ingeniería mecánica industrial y mecánica, ingeniería química, ingeniería en ciencias y sistemas y medicina, no obstante en todas las demás áreas técnicas de la universidad la mayoría de estudiantes y profesionales, han encontrado el tema de nanotecnología interesante.

Los resultados de la pregunta respecto a la mayor ventaja competitiva de los profesionales, nos indica que la mayoría de profesionales se interesan en su formación académica para ser más competitivos, al igual que los conocimientos científicos y la experiencia en laboratorios. Este comportamiento es favorable para la demanda de un curso a nivel de postgrado de nanotecnología. Ya que se sabe que los profesionales interesados en nanotecnología al querer ser más competitivos buscaran una excelente formación académica en base a conocimientos científicos y también buscaran tener experiencia en laboratorios de nanotecnología.

Se pudo observar que la mayoría de los profesionales que desconocen el término de nanotecnología dijeron no estar interesados en recibir un curso a nivel de postgrado, al contrario de los alumnos universitarios que desconocían el término afirmaron que les interesaría un curso de actualización. Entonces para implementar un curso a nivel de postgrado se deberá antes impartir un curso de actualización para estudiantes universitarios y para profesionales, ya que la mayoría de profesionales que si conocen el concepto de nanotecnología; si están interesados en una maestría de nanotecnología.

Entonces para tener más demanda se debe antes informar sobre el tema por medio de los cursos de actualización mencionados, ya que la mayoría encuentra el tema interesante pero muchos lo desconocen.

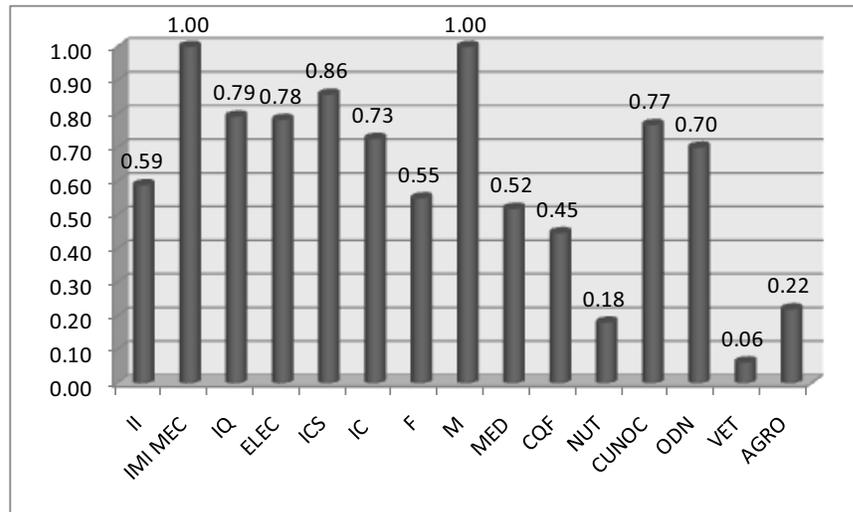
La demanda de profesionales se encuentra entre las edades de 35 a 45 años, mientras que los estudiantes universitarios se encuentran entre 18 a 25 años.

Los temas a los que deberían ir enfocados las actividades que se realicen deberían ser de maquinaria y equipo, informática, robótica, medicina, medio ambiente y nanobiotecnología, ya que estos son los temas a los cuales mostraron más interés los profesionales y alumnos universitarios.

2.1.4.7. Proyección de la demanda

Al analizar los resultados, se puede observar que la mayoría de personas interesadas en un curso de nanotecnología a nivel de postgrado son alumnos universitarios de último año, ya que muchos de los profesionales ya tienen definida su área de interés, pero los profesionales que si conocen el término de nanotecnología la mayoría están interesados en una maestría al contrario de los alumnos universitarios que prefieren un curso de actualización.

Figura 112. **Porcentaje de interesados en nanotecnología de todos los encuestados**



Fuente: elaboración propia.

Las profesiones que más se interesan en nanotecnología según los resultados, son Ingeniería Mecánica Industrial y Mecánica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, y Licenciatura en Matemáticas.

En el caso de la licenciatura en matemática debido a la cantidad tan mínima de estudiantes y profesionales, no puede tomarse en cuenta como una demanda significativa, en cambio Ingeniería Química sí, ya que la mayoría mostraron interés y poseen un gran número de estudiantes y profesionales.

2.2. Políticas públicas, regulaciones y marco legal

En Guatemala no existen políticas públicas ni regulaciones para el uso o estudio de la nanotecnología.

Para aprovechar las ventajas de esta tecnología es necesario que existan políticas que guíen o promuevan la creación de capacidades para su dominio. Así como la preparación de organizaciones para los cambios que las tecnologías convergentes imponen.

También es de suma importancia la ejecución de actividades que puedan ofrecer a cada individuo y a la sociedad en su conjunto la preservación de valores fundamentales tales como privacidad, seguridad, y responsabilidad moral y la creación de nuevos mecanismos para asegurar la representación del interés público en todos los proyectos, incorporar educación ética y de ciencia-social en el entrenamiento de científicos e ingenieros, y asegurar que los decisores de política estén conscientes de las implicaciones científicas de las cuestiones a las cuales enfrentan.

2.3. Educación y percepción pública

Es importante el desarrollo de programas de educación interdisciplinaria, especialmente en las universidades, para crear una nueva generación de científicos e ingenieros.

Todos los conceptos básicos de nanociencia, biología, información y ciencias cognitivas deben ser introducidos al inicio de la educación de pregrado así como el establecimiento de redes de centros de investigación, financiadas por una coalición de agencias gubernamentales y operadas por consorcios de universidades y corporaciones.

Los medios públicos deben aumentar su cobertura de alta calidad de la nanociencia y la nanotecnología, sobre la base de la convergencia, para informar a los guatemaltecos para que puedan participar sabiamente en debates sobre cuestiones éticas tales como los efectos no esperados sobre igualdad social, políticas referidas a la diversidad, y las implicaciones para transformar la naturaleza humana con la nanotecnología.

2.4. Capacidades científico-tecnológicas

Las capacidades científicas y tecnológicas en Guatemala aún son muy limitadas para la nanotecnología, no obstante se tiene personal especializado en nanotecnología, egresado del curso de Especialización en Nanotecnología, el cual plantea fortalecer el proceso de implementación de la Nanotecnología en Guatemala, por medio de dos pilares necesarios para la implementación de un laboratorio con especialización en Nanotecnología.

El primero es la identificación actual de recursos con que cuenta el país en los diferentes laboratorios nacionales y privados, que permite elaborar un diagnóstico del equipo necesario, que se requiere para el desarrollo de la Nanotecnología en Guatemala.

El segundo, formar y capacitar profesionales guatemaltecos a través de cursos de alta especialización, generando investigadores capacitados, que puedan realizar proyectos de capacitación, además de facilitar la vinculación entre los sectores academia-industria para producir cartas de entendimiento, cooperaciones y convenios con el sector nacional e internacional.

Las instituciones de estudio superior del país disponen desde julio del año 2009 con diversidad de textos que detallan la aplicación de la nanotecnología, como una disciplina necesaria de aprendizaje en distintas ramas científicas.

Los distintos materiales didácticos cuentan con una versión electrónica. La entrega del material educativo a los representantes de las universidades, instituciones del sector público y sector privado fue realizada en la Universidad de San Carlos por el Fondo Múltiple de Apoyo al Plan Nacional de Ciencia y Tecnología (MULTICYT).

2.5. Cooperación a nivel nacional e internacional

Es importante tener un intercambio de información entre los países más avanzados en el ámbito de la nanotecnología, ya que compartir experiencias, conocimientos y técnicas, puede ayudar a la capacitación de personal y también a mantener información sobre normalizaciones nanocientíficas internacionales.

Obviamente como Guatemala no cuenta con personal capacitado en nanotecnología es necesario crear vínculos estratégicos con países desarrollados, para que expertos en la materia den capacitaciones y cursos a nivel de postgrado para especializar a los guatemaltecos interesados en nanotecnociencia.

Países como España abren las puertas de sus laboratorios para que los demás países que no tienen los suficientes recursos puedan realizar análisis e investigaciones sobre nanotecnología. Es por eso necesario crear redes de apoyos entre los países iberoamericanos para el desarrollo de la nanotecnociencia.

2.5.1. Red para la implementación de la nanotecnología en Guatemala REDNANOTEG

Esta red es una forma de colaboración no jerárquica entre distintos actores, fundamentada en el respeto entre ellos, integrando de manera virtual el intercambio en línea de información actualizada en el tema de la nanociencia y nanotecnología que conformaran las bases y estructuras para la implementación de tecnologías emergentes en Guatemala.

Su objetivo general es establecer un mecanismo de vinculación, interacción e intercambio virtual de componentes que apoyen el establecimiento de la nanociencia y nanotecnología en Guatemala.

Entre sus objetivos específicos tiene fortalecer el proceso de establecimiento de la nanociencia y nanotecnología, consolidar proyectos mancomunados entre grupos multidisciplinarios de profesionales guatemaltecos y constituir un mecanismo de cooperación y acción conjunta para la implementación de nanociencia y nanotecnología desde la educación; entre universidades a nivel nacional e internacional.

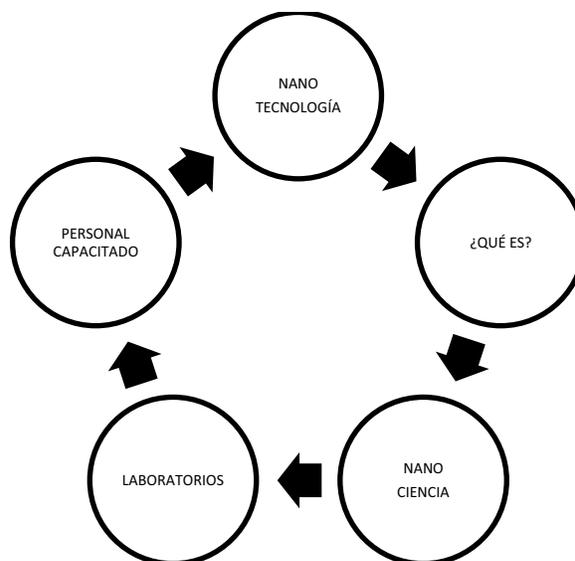
Actualmente está conformada por profesionales de las cuatro universidades más importantes del país egresados a nivel de grado y postgrado de las diferentes carreras a fines a esta tecnología. De la misma forma, instituciones públicas y privadas, que priorizan el desarrollo de la ciencia y tecnología a través de vínculos estrechos con universidades nacionales e internacionales.

Esta red es coordinada y administrada por el Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial –PUIDI- de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.6. Interacción entre la industria y la academia

Debe establecerse una interacción sólida entre la industria y la academia, ya que las industrias guatemaltecas al estar interesadas en implementar nanotecnología para sus productos, necesitan personal capacitado en la materia, y allí es donde la academia toma un papel muy importante; ya que la calidad del personal capacitado en nanotecnología dependerá de la formación dada, la cual debe ser continua. Por lo que la industria y la academia deben trabajar conjuntamente para lograr resultados exitosos, tanto científicos como tecnológicos.

Figura 113. Interacción entre la industria y la academia



Fuente: elaboración propia.

Para que la industria de Guatemala pueda utilizar nanotecnología en sus procesos productivos, se debe dar a conocer el concepto de nanotecnología, la industria debe estar consciente de los beneficios que trae consigo esta tecnología tan avanzada.

Luego la academia debe encargarse de la nanociencia, traer todo el personal capacitado para que enseñe todos los conceptos y leyes de la nanociencia, teniendo la teoría inmediatamente debe iniciarse la práctica, para ello es necesario contar con laboratorios equipados adecuadamente; con esto ya se contará con personal capacitado y teniendo personal capacitado la industria podría invertir en nanotecnología para sus departamentos de investigación y desarrollo, incentivando así la creación de nuevos y mejores productos capaces de competir con los nanoproductos que vendrán al mercado guatemalteco en un futuro cercano

2.7. Análisis causa y efecto

Según las entrevistas realizadas se determinó que las principales causas por las que no existe nanotecnología en Guatemala, son la falta de información, de recursos, investigación y desarrollo en las industrias y un alto grado de negativismo en los guatemaltecos.

La falta de recursos tanto financieros como de recurso humano, es remediable, ya que con ayuda económica de países extranjeros se puede invertir inicialmente con un laboratorio, ya que sin este es imposible realizar investigaciones e experimentos para el desarrollo de la nanotecnología.

Por otra parte la falta de información respecto del tema, genera una definición confusa de lo que es la nanotecnología, ya que la mayoría de personas desconoce realmente sus aplicaciones y muchas la relacionan con robots. Una relación no tan fuera del contexto, pero es demasiado reducida, ya que la nanotecnología es multidisciplinaria y tienen muchas aplicaciones. Debido a esta falta de información muchas personas no se ven interesadas y también genera un negativismo.

Este negativismo es otra causa para el problema, los guatemaltecos ven a la nanotecnología como algo del futuro no del presente. Esto debido a que no se ha dado la información adecuada. Si bien la nanotecnología es bastante costosa, no es un impedimento para que no se tenga en Guatemala. Ya que existen organismos internacionales y el Consejo de Ciencia y Tecnología, que tienen como objetivo fortalecer el crecimiento tecnológico del país. Por lo que no debería ser una causa para mostrarse negativos en ese sentido.

Respecto al negativismo de los guatemaltecos sobre el recurso humano, algunos ciudadanos se encuentran estudiando o trabajando con nanotecnología en otros países, por lo que no se debe evitar la fuga de cerebros, pero debe tenerse una actitud más positiva y confiar en el recurso humano de Guatemala.

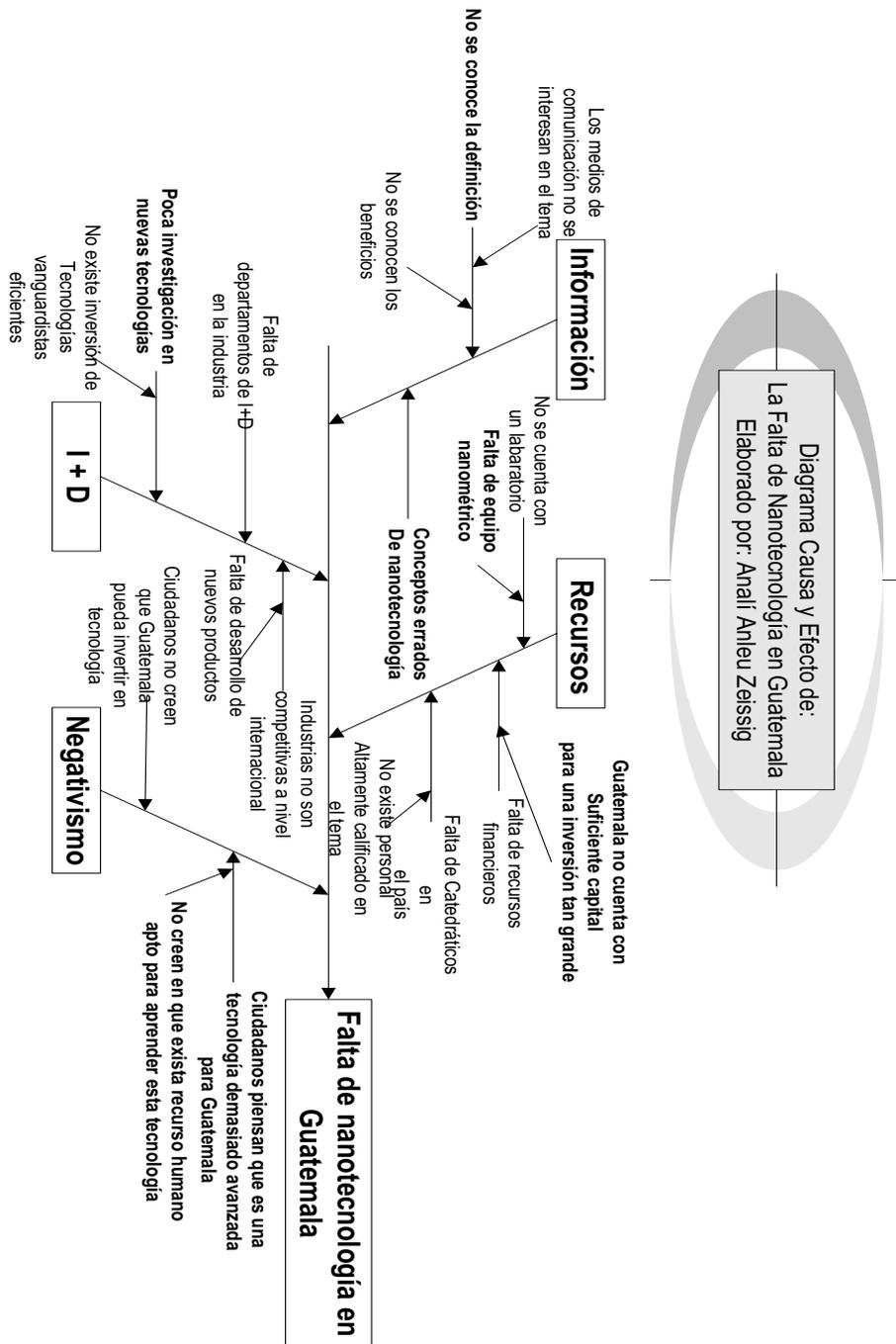
Las industrias de Guatemala en su mayoría no cuentan con departamento de investigación y desarrollo, es por eso que muchas no tienen en sus planes de corto ni largo plazo invertir en nanotecnología, esto dentro de un tiempo relativamente corto les traerá consecuencias negativas, ya que su falta de competitividad afectara su mercado cuando los nuevos productos extranjeros vengan a Guatemala.

Por lo que al no ver estas industrias la importancia de buscar nuevas tecnologías, no tendrán interés en invertir en nanotecnología y por lo tanto seremos solamente espectadores de los nuevos descubrimientos del área en el resto del mundo.

2.7.1. Diagrama Ishikawa

A continuación el diagrama Ishikawa para analizar las causas y efectos de la falta de nanotecnología en el país.

Figura 114. Diagrama Ishikawa de la falta de nanotecnología en Guatemala



Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DE UN PROGRAMA NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA EN GUATEMALA

En septiembre del 2009 se realizó un taller titulado “Prospectiva de la Nanotecnología en el Sector Académico, Industrial y Estatal de Guatemala”. En dicho taller se realizó una hoja de trabajo donde profesionales elaboraron propuestas de la planeación estratégica de un programa nacional de nanotecnología. Esta propuesta se basa en dichas propuestas.

3.1. Visión

Aumentar la competitividad de las industrias guatemaltecas, capacitando el recurso humano, orientando e impulsando la investigación y el desarrollo de nuevos productos en el campo de la nanotecnología.

3.2. Misión

Impulsar la investigación científica y el desarrollo tecnológico en la industria, la formación del recurso humano en la academia y el conocimiento de la población en el área de nanotecnología para contribuir al desarrollo, innovación, aplicación y regulación de esta tecnología en Guatemala.

3.3. Horizonte del programa a diez años

Tomando en cuenta las capacidades científico-tecnológicas con que cuenta actualmente Guatemala respecto a la nanotecnociencia, se ha planteado un horizonte de diez años para el Programa, que comprende de las siguientes fases:

- Fundamentación
- Desarrollo
- Revisión y actualización

Figura 115. **Fases del Programa Nacional de Nanotecnociencia**



Fuente: elaboración propia.

3.4. Objetivo General

Establecer iniciativas que promuevan y fortalezcan la investigación, desarrollo e innovación en nanotecnociencia, con visión multidisciplinaria que permita la gestión de recursos, para generar una base sólida que propicie el establecimiento de este campo en Guatemala.

3.5. Fortalecimiento integral de la nanotecnociencia

Para fortalecer la nanotecnociencia en Guatemala se deben sentar las bases necesarias para el fomento y promoción del desarrollo de la infraestructura humana y técnica del país en el campo de la nanotecnología y la nanociencia. Principalmente fomentando la generación del valor agregado de la producción nacional, para el consumo del mercado interno y para la inserción de la industria local en los mercados internacionales.

3.5.1. Objetivos estratégicos

- Promover e impulsar la investigación científica y tecnológica en el área de nanotecnociencia.
- Fortalecer la comunicación y colaboración científica a nivel nacional e internacional.
- Apoyar la formación, capacitación y actualización continua del recurso humano en el área de nanotecnología.
- Aumentar el nivel de conocimiento de la población guatemalteca en el área básica de la nanotecnociencia.
- Apoyar el marco regulatorio apropiado que facilite la investigación y comercialización de nanotecnología, protegiendo la población, el medio ambiente y la propiedad intelectual.

- Fomentar la transferencia y aplicación de la nanotecnología en Guatemala para aumentar la competitividad, productividad, eficiencia y calidad en la industria.
- Definir los recursos necesarios para la implementación de nanotecnología en Guatemala.

3.5.2. Líneas de acción generales

- Promover la gestión de recursos financieros para el desarrollo de la nanotecnociencia dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Apoyar y fortalecer la Red para la Implementación de la Nanotecnología en Guatemala, REDNANOTEG.
- Incrementar el recurso humano en el área de nanotecnociencia por medio de becas, postgrados, renovación curricular, seminarios, cursos de actualización y especialización en las áreas con más interés.
- Implementar un sistema de promoción, difusión, divulgación y transferencia de nanotecnología a través de seminarios, cursos educativos y talleres sobre nanotecnología y sus aplicaciones, para estudiantes, docentes, técnicos, profesionales, grupos interesados y población en general.
- Crear regulaciones y promover la creación de un marco legal para el uso de la nanotecnología.

- Precisar y gestionar los recursos para el establecimiento, mantenimiento y desarrollo del espacio físico, personal, equipamiento e insumos que garanticen la conformación y el funcionamiento de un laboratorio nanotecnológico.
- Desarrollo de proyectos en nanotecnociencia que ofrezcan soluciones factibles a las necesidades nacionales en un marco regido por principios éticos, de protección ambiental y compromiso social, de manera que se propicie la continuidad de la investigación en esta rama.

3.5.3. Líneas de investigación

- Área de Salud
 - Promover y fomentar el desarrollo de soluciones apropiadas a las enfermedades que más están siendo investigadas con la nanotecnología, como el cáncer, alzheimer, parkinson y VIH, creando procesos nanotecnológicos de prevención y vigilancia en estas enfermedades.
 - Mejoramiento y desarrollo de métodos de diagnóstico de enfermedades infecciosas y de métodos de diagnóstico múltiples.
 - Desarrollo y fabricación de fármacos y vacunas.
 - Avance de métodos de identificación genética humana y animal.

- Área de Alimentos
 - a) Elaboración de empaques inteligentes capaces de controlar la difusión de gases y prolongar el tiempo de conservación de diversos productos alimenticios.
 - b) Mejorar las posibilidades de detección de cantidades nanométricas de sustancias nocivas en la producción de alimentos.
 - c) Mejoramiento y fortificación de alimentos para incrementar su valor nutricional.
 - d) Incrementar el conocimiento de la naturaleza de las nanoestructuras presentes en los alimentos para mejorar los criterios de selección de las materias primas y la calidad e inocuidad de los alimentos.

- Área de Energía
 - a) Evaluación y caracterización de catalizadores para celdas combustibles con el uso de nanotubos de carbono;
 - b) Desarrollo y aplicación de sistemas de almacenamiento de hidrógeno con largas cadenas de carbón unidas por átomos metálicos;
 - c) Promover investigaciones dirigidas a encontrar nuevas y más eficientes formas de energía.

- Área de Cosmetología
 - Desarrollo de cosméticos que favorezcan el proceso regenerativo de la piel teniendo como base recursos y sustancias naturales.

- Área de Nuevos Materiales
 - Desarrollo y fabricación de nuevos materiales inteligentes con propiedades capaces de ser controladas y cambiadas a petición.

- Área de Medio Ambiente
 - Identificación y monitoreo de contaminación por medio de sensores y biosensores para el control ambiental;
 - Apoyar líneas de investigación científica y tecnológica tendientes a mejorar la calidad, preservación y protección del ambiente en cuanto a niveles de contaminación atmosférica, acuática y terrestre.

- Área Agropecuaria
 - Desarrollo y aplicación de métodos para la filtración de agua con el uso de la nanotecnología;
 - Procesos de desalinización del agua con nanopartículas están diseñadas para atraer el agua rechazando las sales disueltas y otras impurezas.

- **Área Textil**
 - Desarrollo y fabricación de textiles con nanopartículas capaces de dar propiedades de antiolor, retardantes de llama, regulación de temperatura, cambio de color, entre otras.

- **Otras Áreas**

Se apoyará la investigación en otras áreas beneficiosas para el desarrollo del país, como las áreas de electrónica, informática, construcción, biotecnología, entre otras, que usen nanotecnología para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los guatemaltecos.

3.6. Áreas temáticas

3.6.1. Salud

La nanotecnología en la manipulación de la materia podría influir sobre la vida y la salud de las personas tanto de forma directa como indirecta.

Directamente, mediante la aplicación de nuevas nanotecnologías que posean componente de interacción con la vida y salud humana, en el sector de la salud, el diagnóstico, tratamiento de enfermedades y los nuevos alimentos, hacen que las aplicaciones nano estrechen su interacción directa con la vida.

Indirectamente, la influencia que ejerce la de la nanotecnología sobre la vida, se da por medio de las acciones que la nanotecnología ofrece en los diferentes sectores productivos del mundo, los cuales establecen una relación de impacto sobre alguno de los determinantes de la vida, que en últimas llegan a condicionar el proceso de salud y la vida de las personas.

3.6.1.1. Cáncer

Sensores moleculares capaces de destruir células cancerígenas en las partes más delicadas del cuerpo humano como el cerebro y que incluso pueden llegar a ser más fuertes que el acero con sólo un diez por ciento de peso.

Eliminar antes del 2015 las muertes causadas por el cáncer concede a la nanotecnología la importancia propia como nueva vía de investigación que puede atacar a las células cancerígenas incluso en la fase preliminar.

Un equipo dirigido por Charles Lieber de la Universidad de Harvard ha fabricado un nuevo prototipo de detector altamente sensible capaz de detectar la presencia de un cáncer antes de que hayan aparecido los primeros síntomas.

El nuevo prototipo de Lieber utiliza nanocables para detectar las proteínas que revelan la presencia de un cáncer y podría ser el primer paso hacia la fabricación y comercialización de aparatos muy poco costosos capaces de realizar pruebas con un muy alto nivel de precisión y que adquieren un nivel menos tóxico.

En Stamford, en agosto del 2008 un equipo de investigadores de esta universidad, lograron matar células cancerígenas con nanotecnología, sin dañar a las células sanas, a través de la implantación de cañas sintéticas microscópicas, llamadas "nanotubulos", dentro de las células cancerígenas. Cuando las cañas están expuestas a rayos de luz infrarrojos desde un láser, se calientan, matando la célula. Mientras tanto, aquellas células que no tienen cañas no sufren daños. Aunque parece complejo, el método resulta tan fácil y barato, que un día podría ser disponible en farmacias.

3.6.1.2. Alzheimer

Cada vez son más las personas a las que se diagnostica Alzheimer: pérdida de memoria, confusión mental, cambio de humor, etc. Si bien existen diversos medicamentos y tratamientos, ninguno ha logrado ser lo suficientemente efectivo más que detener en parte esta enfermedad.

Con la nanotecnología se pretende utilizar nanopartículas para un diagnóstico eficiente en la trata de esta enfermedad que día a día crece sin parar. La iniciativa la ha tomado la organización NAD (Nanopartículas para la terapia y el diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer).

La idea de NAD, es desarrollar nanopartículas con la capacidad de introducirse y romper con la barrera entre la sangre y el cerebro para alcanzar así el epicentro de la enfermedad. Una vez que las nanopartículas superen este obstáculo, las mismas que llevarán incorporadas moléculas hábiles en la detección y destrucción de amiloides serán soltadas.

Aún quedan varios pasos por dar antes la comercialización de dicho tratamiento, pero ya se están desarrollando experimentos con ratones transgénicos.

Si se cumplen las expectativas de esta investigación, los resultados podrían tener un gran impacto, al hacer posible un diagnóstico más temprano y la cura de esta enfermedad tan depresiva.

3.6.1.3. Parkinson

La enfermedad de Parkinson es uno de los más complicados e interesantes padecimientos del sistema nervioso central. Desde su descripción en 1817 por James Parkinson, su causa sigue siendo un misterio, pero la investigación en esta área es intensa y los constantes hallazgos científicos ayudan a aclarar el panorama que la rodea. En la actualidad no existe un tratamiento curativo de la enfermedad, solo existen tratamientos paliativos, es decir, tratamientos para mejorar los síntomas de la enfermedad, por lo que la bionanotecnología se convierte en una esperanza para encontrar un tratamiento definitivo para esta enfermedad.

Es una enfermedad neurodegenerativa que se origina cuando mueren más del 80% de neuronas en un área del cerebro conocida como sustancia negra. Estas neuronas producen la dopamina, que es un mensajero químico (neurotransmisor) responsable de transmitir las señales entre la sustancia negra y el cuerpo estriado para producir la actividad muscular. La causa de muerte de estas neuronas aún se desconoce, pero con la nanotecnología se pretende regenerar las neuronas perdidas para así contrarrestar la enfermedad de Parkinson.

3.6.1.4. VIH

Estudios con nanotecnología prometen una recuperación absoluta por medio de una dosis diaria de 4 cápsulas, que llevan dentro nanopartículas, que se introducen al cuerpo por tres vías: intravenosa, oral o por respiración. Hasta el momento la investigación sólo se ha probado en un programa piloto, en el cual 50 personas han participado y están en espera de los resultados. Una de ellas dice sentirse seguro de los resultados que arrojará su tratamiento.

Las nanopartículas son de plata e interactúan con el virus matándolo, a pesar de que ya se han estudiado otros metales, se eligió este por la alta toxicidad que presenta cuando está en contacto con los microorganismos, el uso de la plata se puede observar desde la antigua Grecia, donde se utilizaba para curar úlceras.

Algunos de los efectos secundarios del método son las sudoraciones nocturnas y además existe la posibilidad de que el pigmento de la piel se vea afectado por la plata, dando a la piel un color azul, aunque sólo se ha encontrado un caso así en Estados Unidos.

Debido al poco financiamiento que reciben los investigadores en Estados Unidos, donde llevan a cabo su labor, no han podido adelantar más este proyecto, ni aplicarlo a más personas. Además esperan la aprobación de este método en dicho país.

Por otra parte, esta tecnología no sólo sirve para ayudar a los enfermos de VIH/Sida, sino para otro tipo de enfermedades e infecciones como hepatitis y sífilis, entre otras.

3.6.2. Alimentos

Un ejemplo de aplicación indirecta de la nanotecnología en la industria alimentaria son los chips de silicio que se vienen fabricando desde hace más de dos décadas. La creciente complejidad de estos dispositivos en materia de tecnología del etiquetado abrirá nuevas posibilidades de información en los envases que serán capaces de ofrecernos toda clase de datos sobre el alimento que contienen.

3.6.2.1. Empaques

El uso de la nanotecnología en la industria alimentaria guarda relación con los materiales de contacto con los alimentos. En la actualidad algunos nanocompuestos son ya usados como material de embalaje o recubrimiento para controlar la difusión de gases y prolongar el tiempo de conservación de diversos productos. Cada vez se utilizan más productos basados en la nanotecnología para elaborar materiales de contacto con los alimentos dotados de propiedades antimicrobianas. Las actuales investigaciones sobre ese tipo de superficies tienen por objeto conseguir sensores capaces de detectar la contaminación bacteriana y reaccionar contra ella.

3.6.2.2. Control de calidad

El papel de la nanotecnología en el control de calidad en los alimentos será mejorar las posibilidades de detección de pequeñas cantidades de sustancias nocivas, producir reflectores olfativos similares a los que poseen los mamíferos o crear sensores ópticos para las freidoras industriales para conseguir un control online de la producción.

3.6.2.3. Complementos alimenticios

La estrategia general consiste en poner a punto nanotransportadores o nanomateriales para mejorar la absorción y biodisponibilidad de sustancias nutritivas agregadas, como vitaminas, nutrientes y minerales.

3.6.2.4. Materias primas

Las propiedades funcionales de muchas materias primas y el eficaz procesamiento de los alimentos se deben a nanoestructuras como celulosa o almidón, que determinan procesos como la gelatinización y afectan al valor nutricional de los alimentos. También las nanoestructuras que surgen en las interfaces de aceite-agua o aire-agua determinan la estabilidad de las espumas y emulsiones alimentarias. Un mayor conocimiento de la naturaleza de las nanoestructuras presentes en los alimentos permitirá mejorar los criterios de selección de las materias primas y la calidad e inocuidad de los alimentos.

3.6.3. Energía

Hoy en día en términos de generación de energía las celdas de combustible son uno de los objetivos primordiales de la ciencia y la tecnología. Los perfeccionamientos en esta área son sustanciales para pulir y mejorar la nanotecnología que recién se encuentra en sus primeras fases.

3.6.3.1. Catalizadores para celdas combustibles

Los nanotubos de carbono son el eje central de la atención, pues se ha descubierto una forma de utilizarlos a modo de reemplazo de los catalizadores convencionales que sirven para la generación de celdas de combustible. Los catalizadores convencionales son realmente costosos debido a su contenido en platino. Más de la mitad del costo de las celdas de combustible proviene del platino, y esto ha impedido que esta nueva forma de generación energética se haya comercializado a gran escala desde que se comenzó a utilizar.

Sin embargo, se han depositado secciones de nanotubos en una película de polímero, lo cual ha permitido crear otro tipo de electrodos que son mucho más eficientes que los generados por los catalizadores.

Utilizando esta técnica como catalizador se puede obtener densidades cuatro veces mayores que las generadas por los electrodos que la producción de celdas de combustible conocidas. Esto se debe a las propiedades de los nanotubos de carbono que, eléctrica y mecánicamente robustos, pueden superar la producción de electrodos a través de catalizadores de platino.

3.6.3.2. Sistemas de almacenamiento de hidrógeno

Muchos expertos afirman que el hidrogeno supone una fuente alternativa de energía, pero uno de los problemas que hay que solucionar antes de que logre la versatilidad de otras fuentes de combustible como el petróleo es cómo almacenarlo. Es necesario almacenar gas hidrógeno de alta presión en tanques con paredes muy gruesas, por lo que requiere más espacio que, por ejemplo, la gasolina.

Con nanotecnología se ha descubierto una nueva clase de materiales que podrían actuar como esponjas que absorben el hidrógeno y lo retienen hasta que vaya a ser utilizado.

Estos materiales se componen de largas cadenas de carbón, unidas por átomos metálicos. Al cristalizarse, estas moléculas forman cavidades que miden menos de un nanómetro y que son conectados por ventanas que son todavía más pequeñas que una molécula de hidrógeno.

Mientras se llenan estas cavidades, el hidrógeno cabe por las ventanas, porque las cadenas de carbón son flexibles. Pero una vez llenas las cavidades, las cadenas pierden su flexibilidad, cerrando así las ventanas. Consecuentemente, se puede cargar el material de gas hidrógeno de alta presión, y cuando los niveles de presión se disminuyan, se forma una especie de cierre hermético tamaño molecular. Por lo que esta nanoesponja podría llegar a tener un papel clave en los sistemas de almacenamiento de hidrógeno.

3.6.4. Cosmetología

La nanotecnología ya llegó a la cosmética, y está siendo aplicada para las cremas y lociones de belleza. Esto comenzó en Japón, en donde empezaron a desarrollar productos de belleza elaborados a partir de la nanotecnología, estas sustancias van a penetrar directamente en las células de la piel. La compañía japonesa que desarrolla estos nuevos cosméticos es Takami Comercial, y la línea de nanocosméticos se llama Inia.

La demanda de estos productos son todas aquellas mujeres que quieren recuperar su belleza y rejuvenecer la piel en forma natural, inofensiva, pero sobretodo sin tener que recurrir al quirófano. Lo principal de estos productos es que presentan sustancias que favorecen el proceso regenerativo de la piel teniendo como base recursos y sustancias naturales.

3.6.5. Nuevos materiales

En términos generales, una nueva generación de materiales derivadas de la nanotecnología, cuyas propiedades pueden ser controladas y cambiadas a petición.

3.6.5.1. Materiales inteligentes

Es una de las principales líneas de investigación de la nanociencia con aplicaciones a muchas industrias, desde las textiles a la industria militar. Por ejemplo: fibras inteligentes para la ropa y sistemas inteligentes para diversas aplicaciones.

Los materiales inteligentes tienen la capacidad de cambiar su color, forma, o propiedades electrónicas en respuesta a cambios o alteraciones del medio o pruebas de luz, sonido, temperatura o voltaje. Estos materiales podrían tener atributos muy potentes como la autoreparación.

Relacionados con esto están los supermateriales con extraordinarias propiedades. La capacidad de crear componentes con precisión atómica puede llevar a estructuras moleculares con interesantes características tales como una alta conductividad eléctrica o potencia.

3.6.6. Medio ambiente

La nanotecnología podría ayudar en la reducción del uso de fuentes de energía no renovables y la emisión de gases invernaderos.

Industrias automovilísticas como Ford están investigando el campo de la nanotecnología en el desarrollo de plásticos, pinturas y metales ligeros para reducir el peso de sus automóviles y lograr su objetivo de disminuir el consumo de sus vehículos en un 40% hasta 2020. La marca busca reducir el peso de los vehículos y, con ello, las emisiones de gases invernadero, sin que eso suponga una disminución de la calidad y seguridad.

3.6.6.1. Sensores y biosensores para el control ambiental

Un biosensor ambiental es un sistema analítico que acopla un elemento biológico sensible con un transductor para obtener una rápida, proporcional, precisa y sensible detección de sustancias individuales o combinadas presentes en el ambiente aplicando la nanotecnología con el fin de darle estabilidad al elemento biológico y obtener así mejor respuesta de detección.

El deterioro ambiental existente representa una excelente oportunidad para el desarrollo y la aplicación de biosensores ambientales. Por ejemplo, empleando células completas, ciliados edafícolas autóctonos, acopladas a un potenciómetro para detectar contaminantes en suelo como plaguicidas.

3.6.7. Agricultura

La nanotecnología se utilizará para manipular semillas y alterar sus características, teóricamente sin modificar los genes hereditarios. Se utilizará además para reformular al nivel de los átomos los insumos que se utilizan en la granja, incluidos fertilizantes, herbicidas y pesticidas.

También se utilizará para fabricar comida que pueda comercializarse por sus propiedades saludables, y para producir alimentos inteligentes con el fin de alargar su fecha de caducidad y permitir así que se transporten a mayores distancias. La nanovigilancia permitirá llevar a cabo un seguimiento de los alimentos desde el campo, pasando por la cadena de procesamiento, hasta los supermercados e incluso más allá.

3.6.7.1. Filtración de agua

Materiales nanométricos podrían ayudar a que los costos de una filtración de agua no fuesen tan caros, estos nuevos materiales usan cristales diminutos cuyas pequeñas dimensiones les permiten capturar una mayor cantidad de materia indeseada presente en el agua. Con este nuevo descubrimiento además de abaratar el costo, también se avanza en el tema no sólo de la purificación del agua sino un avance importante más en el campo de la nanotecnología que no para de dar muchas satisfacciones en asuntos importantes que mejoran la agricultura y la salud.

3.6.7.2. Desalinización del agua

Existe una nueva membrana, diseñada para atraer el agua y rechazar casi todos los contaminantes. Estas nuevas membranas se estructuran a escala nanométrica para crear túneles moleculares a través de los cuales el agua fluye más fácilmente que los contaminantes. A diferencia del tipo actual de membranas comerciales que se limitan a filtrar el agua a través de una densa película de polímero, la nueva membrana contiene nanopartículas especialmente sintetizadas que se dispersan por todo el polímero, formando lo que se conoce como material nanocompuesto.

Las nanopartículas están diseñadas para atraer el agua y son muy porosas, impregnándose de agua como una esponja, mientras rechazan las sales disueltas y otras impurezas. Las nanopartículas empotradas en esta nueva membrana también rechazan materias orgánicas y bacterias que con el tiempo tienden a obstruir las membranas convencionales.

Con estas mejoras, se necesita menos energía para bombear el agua a través de las membranas. Como repelen las partículas que de otro modo se pegarían a la superficie, las nuevas membranas se deterioran más lentamente que las convencionales.

El resultado es un proceso de purificación del agua que es tan eficaz como los métodos actuales, pero utiliza la energía con mayor eficiencia y puede resultar mucho menos costoso. Las pruebas iniciales sugieren que las nuevas membranas tienen el doble de productividad, consumen un 50 por ciento menos de energía, reduciendo el coste total del agua desalinizada en un 25 por ciento.

3.6.8. Textil

Una nueva generación de nuevos materiales en los que la nanotecnología juega un papel esencial. Ropa que no se ensucia, que repele el café, las manchas de fruta o del vino. La explicación de todo esto son las nanopartículas que permiten cambiar las propiedades de los tejidos. Pueden llegar a repeler virus y bacterias.

3.6.8.1. Telas inteligentes

La nanotecnología está creando las innovaciones más revolucionarias del mercado textil. El objetivo es aplicar esta tecnología para crear un funcionamiento excepcional en artículos diarios: ropa, mobiliarios caseros, interiores, telas industriales. Algunos de estos avances pueden cambiar la manera en que se vive y trabaja, tareas como la autolimpieza de los tejidos, la eliminación de contaminantes o alérgicos.

Esta nueva vía abre una asombrosa capacidad de innovación y de reconversión en este sector tradicional. Estas innovaciones resultan casi increíbles: antiolor, retardantes de llama, regulación de temperatura, cambio de color y otros. Los tamaños de la nueva materia prima; las nanopartículas, permiten una flexibilidad en la explotación de sus propiedades realmente asombrosa. Algunos materiales con nanotubos han sido probados con una eficacia asombrosa.

3.6.9. Otras áreas

El sector de la construcción empieza a entrar en el mundo de los avances tecnológicos, y se está empezando a investigar formas en las que la nanotecnología puede aportar mejoras a la construcción de carreteras, puentes y edificios.

La aplicación de la nanotecnología en las carreteras y la construcción también hará posible identificar y reparar de forma automática, sin intervención humana, brechas y agujeros en el asfalto o en el hormigón, y fabricar señales de tráfico que se limpian a sí mismas. Se utiliza la nanotecnología para fabricar acero y hormigón más fuertes.

También para la seguridad vial. Por ejemplo en algunos sitios de los Estados Unidos se han colocado nano sensores para vigilar el estado de sus puentes y detectar cualquier anomalía o riesgo.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA NACIONAL DE NANOTECNOCIENCIA

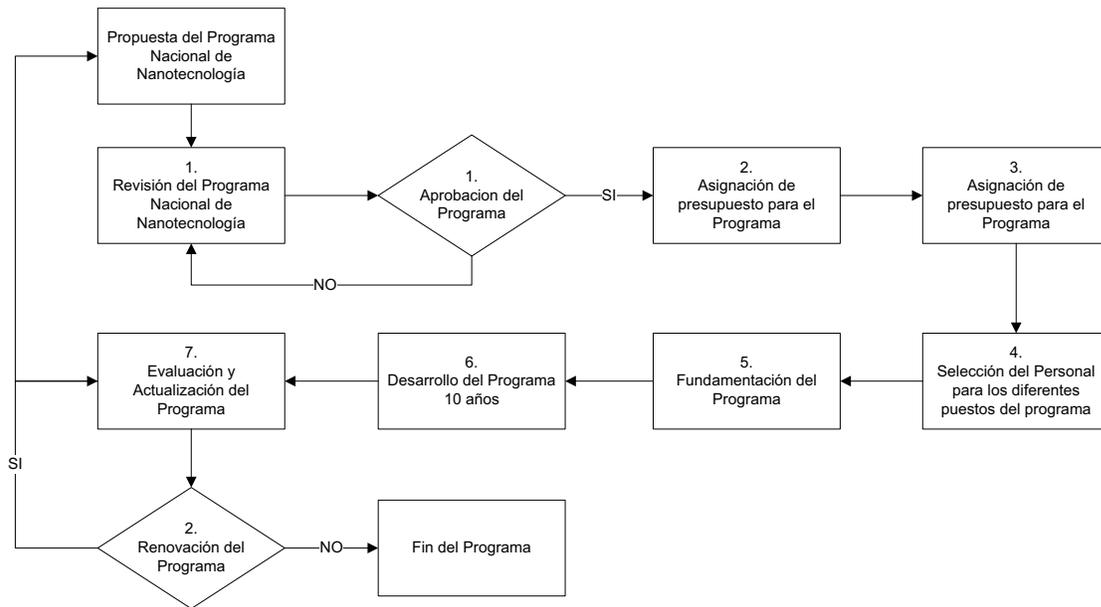
4.1. Gobierno

El gobierno de Guatemala, cuenta con un Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2014, a cargo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONCYT, y la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, SENACYT. En el cual se considera de importancia estratégica la acción en algunas especialidades temáticas, con el fin de incorporar al acervo científico y tecnológico nacional los avances en campos como la biotecnología, la informática, los nuevos materiales, la química, la nanotecnología y otros que tienen potencial reconocido.

Una de sus áreas temáticas es promover y apoyar el desarrollo de programas en los diferentes campos, entre ellos el de la nanotecnología. Por lo que la aprobación de un Programa Nacional de Nanotecnociencia, está entre sus actividades planificadas dentro del 2005 al 2014.

4.1.1. Diagrama de flujo de proceso de implementación

DIAGRAMA DE PROCESO DE IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA NACIONAL DE NANOTECNOCIENCIA
 Descripción del Proceso
 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
 Realizado por: Analí Anleu Zeissig



RESUMEN	Símbolo	No.
Actividades	□	7
Decisiones	◇	2

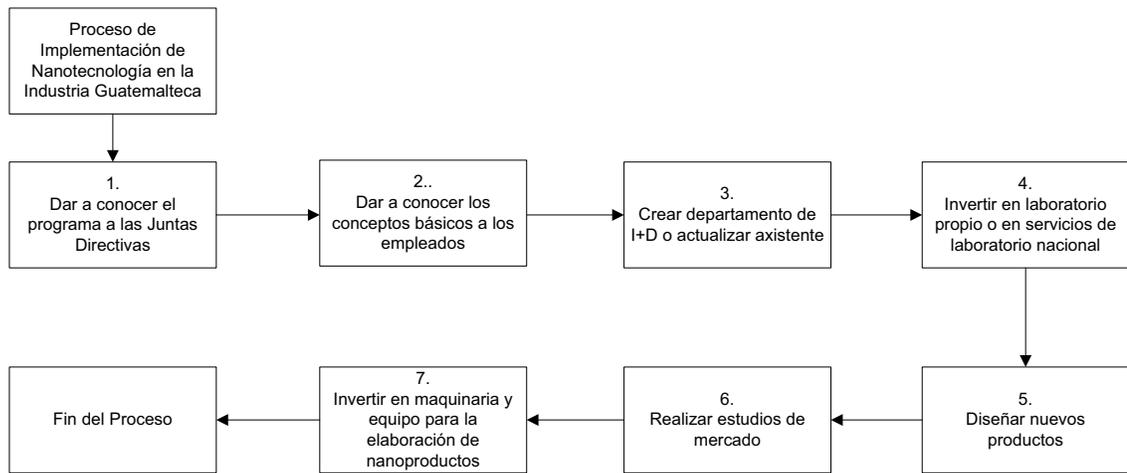
Fuente: elaboración propia.

4.2. Industria

Para implementar la nanotecnología en las industrias, las empresas privadas deben apoyar el Programa Nacional de Nanotecnociencia, brindando capacitación a sus empleados e invirtiendo en laboratorios especializados para ampliar el área de investigación en sus materias primas y productos nuevos.

4.2.1. Diagrama de flujo de proceso de implementación

DIAGRAMA DE PROCESO DE IMPLEMENTACION EN LA INDUSTRIA DE GUATEMALA
 Descripción del Proceso
 Industrias Guatemaltecas
 Realizado por: Analí Anleu Zeissig



RESUMEN	Símbolo	No.
Actividades	□	7

Fuente: elaboración propia.

4.3. Educación primaria

Es necesario que los niños se familiaricen con el concepto de nanotecnología, de una manera que llame su atención y más adelante se vean interesados en estudiarla. Diseñar una serie de lecciones para grados de niños de 6 a 12 años enfocadas en la ciencia y la nanotecnología.

Estas lecciones basadas en el plan de estudios de ciencia ya existente. Cada maestro decidirá cuando usar las lecciones para complementar el plan de estudios y su estilo. Las lecciones deberán consistir de un DVD animado en 3D para cada segmento, acompañado por una guía digital interactiva para los estudiantes, padres y maestros. Este material didáctico puede ser proveído por NanoKids, el cual ya está siendo utilizado en México.

El proyecto educativo NanoKids, encabezado por el Dr. James Tour Chao Profesor de Química en Rice University, está enfocado en incrementar el conocimiento del público acerca del mundo manométrico y las investigaciones y tecnologías moleculares que se expanden de forma rápida internacionalmente. Basado en moléculas de forma humana sintetizadas en el laboratorio, el concepto visual de los NanoKids usa formas universalmente reconocidas que exhiben características humanas para instruir, motivar y entretener.

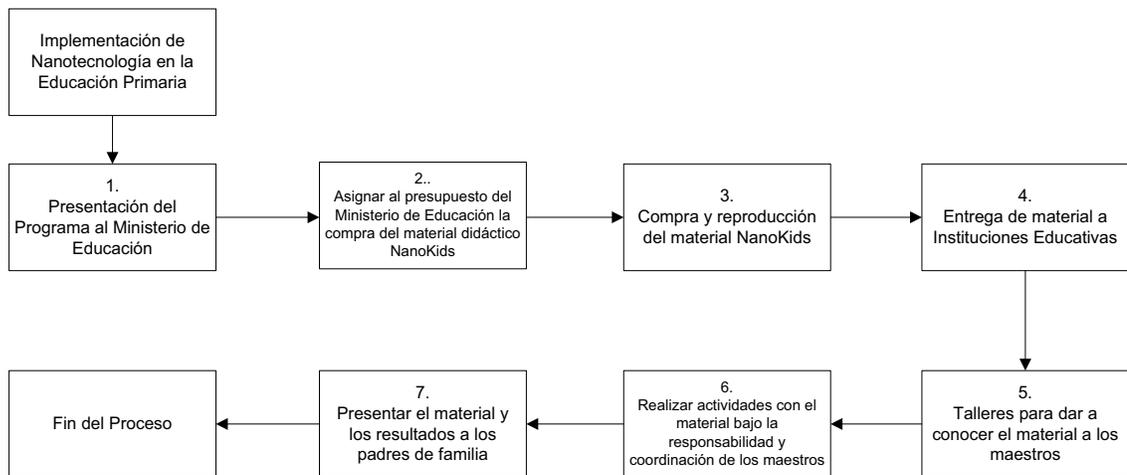
El material NanoKids incluye:

- Un DVD animado en 3D de 20 minutos que combina dos lecciones/aventuras: Bienvenido al NanoLoft y ADN: El Plano de la Vida
- Una guía digital interactiva para el estudiante- contiene 4 'cuartos' (El Cuarto de Investigación, El NanoLoft, El Cuarto del ADN, y El Cuarto de la Nanotecnología) con información, ejercicios, juegos, clips de sonido, canciones, etc.
- Una guía para Maestros- Incluye una explicación del DVD y de ejercicios y discusiones, experimentos, exámenes, instructivo de la guía del estudiante y un paquete de NanoCards.

- Una guía para padres en español y breve introducción al tema de discusión.
- Sitio *web* con dos componentes- una sección para el público en general y otra sección que se puede acceder por medio de una contraseña. Los resultados de las evaluaciones y encuestas serán automáticamente guardadas en bases de datos que se podrán exportar a Excel o Access para su monitoreo.

4.3.1. Diagrama de flujo de proceso de implementación

DIAGRAMA DE PROCESO DE IMPLEMENTACION DE NANOTECNOLOGÍA
EN LA EDUCACIÓN PRIMARIA
Descripción del Proceso
Ministerio de Educación de Guatemala
Realizado por: Analí Anleu Zeissig



RESUMEN	Símbolo	No.
Actividades	□	7

Fuente: elaboración propia.

4.4. Educación a nivel diversificado

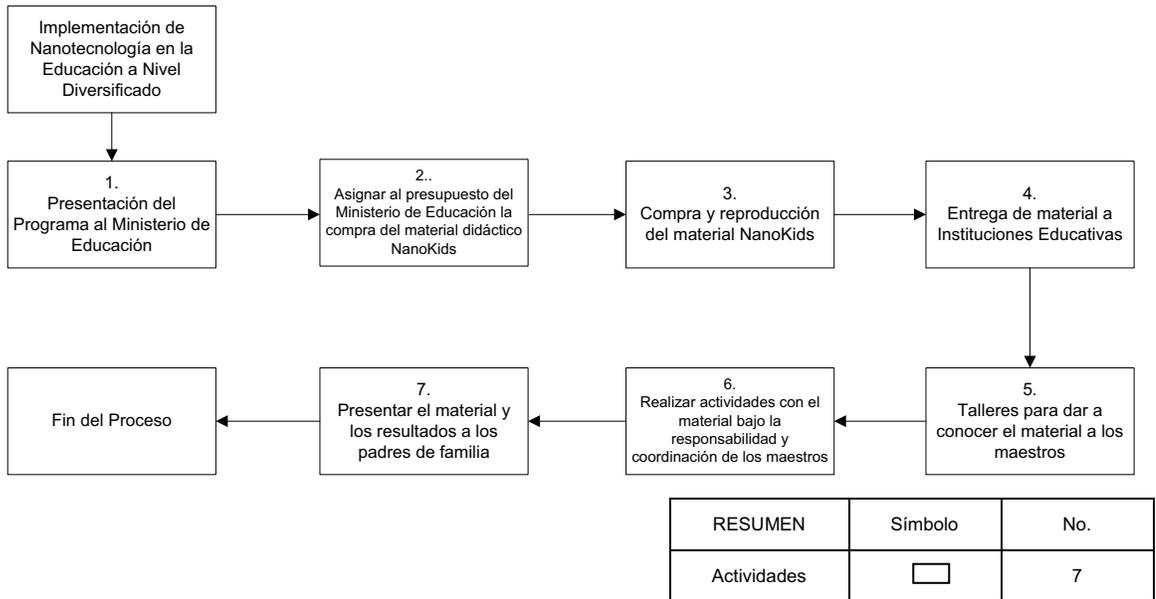
Incrementar la comprensión del estudiante en las áreas de la Química, la Física, la Biología y la ciencia de la materia al nivel molecular, proveer a los maestros con material didáctico para enseñar sobre la nanotecnología, demostrar que el arte y la ciencia se pueden combinar para facilitar el aprendizaje de los estudiantes con distintos estilos e intereses y así generar interés en la nanotecnología que promueva la participación en las investigaciones en esta área.

En el presente ser estudiante incluye no solo texto sino también ser letrado en imagen y pantalla. La juventud americana vive en un mundo de música, juegos de video, interacción con computadores y cines de acción acelerada. Estos jóvenes se sienten cómodos cuando están rodeados de la tecnología más reciente.

Los estudios indican que los procesos múltiples tales como escuchar música, hablar por teléfono celular y usar simultáneamente un computador son algo común para la mayoría de los jóvenes en América. En lugar de tratar de separar a los estudiantes de su ambiente preferido para enseñarles, el diseño instruccional de NanoKids enfocado a los 13-18 años, incorpora muchos aspectos de la vida cotidiana de los jóvenes. Se utilizan multimedios populares como un gancho para presentar el contenido complejo de ciencias en un intento por hacer que el contenido adquiera vida y genere diálogo y aprendizaje progresivo.

4.4.1. Diagrama de flujo de proceso de implementación

DIAGRAMA DE PROCESO DE IMPLEMENTACION DE NANOTECNOLOGÍA
 EN LA EDUCACIÓN A NIVEL DIVERSIFICADO
 Descripción del Proceso
 Ministerio de Educación de Guatemala
 Realizado por: Analí Anleu Zeissig



Fuente: elaboración propia.

4.5. Educación universitaria

Es necesaria la introducción de la nanociencia en la educación universitaria, para incentivar el interés en especializarse en nanotecnología, y para ello deben tener una base de conocimientos científicos los cuales son insuficientes con los presentes pensum de estudios. Por lo que deben analizarse los pensum de las distintas carreras universitarias y darles un enfoque más moderno respecto al área científica y tecnológica, contando con cursos opcionales para que puedan iniciar a desarrollarse en el área de nanotecnología, a nivel de grado y postgrado.

4.5.1. Nivel grado

Debido a que a nivel de grado no existe una carrera de nanotecnología es necesario reforzar las diferentes carreras universitarias afines a esta, tomando en cuenta las áreas de interés de cada una, incluyendo material de nanociencia en diferentes cursos o creando nuevos cursos.

4.5.1.1. Facultad de Ingeniería

La facultad de ingeniería cuenta con mucho potencial para estructurar bases científicas en el área de nanotecnología, sus diferentes carreras pueden llevar cursos de nanociencia enfocados a sus especialidades. Muchos cursos deben ser actualizados.

4.5.1.1.1. Ingeniería Industrial

Es de suma importancia conocer las nuevas tecnologías, para el diseño de productos, esto debe incluirse en la curso de Diseño de la Producción, ya que existen nuevos empaques y materias primas diseñadas con nanotecnología. En el área de Control de la calidad también, debe darse a conocer las técnicas prometedoras que da la nanotecnología.

4.5.1.1.2. Ingeniería Mecánica Industrial

Debe de darse a conocer a los alumnos el equipo y maquinaria que existe para la nanotecnología, así como el diseño de procesos y nuevos materiales para nuevos productos. Incluyendo el control de calidad y materiales inteligentes para la industria.

4.5.1.1.3. Ingeniería Química

Las áreas de interés de los estudiantes de ingeniería química en el campo de nanotecnología son muy amplias, por lo que es necesario agregar un curso de nanociencia, este curso se recomienda que sea obligatorio, ya que los conocimientos de ingeniería química facilitan la comprensión de todos los conceptos básicos de la nanociencia.

4.5.1.1.4. Ingeniería Mecánica

En esta ingeniería debe darse a conocer la mecatrónica junto con la nanotecnología y todos los conceptos básicos de la nanociencia, y los diferentes equipos y maquinaria que existe para nanotecnología.

4.5.1.1.5. Ingeniería Electrónica

En electrónica se encuentran muchos temas que deben ser actualizados, nuevos transmisores con nanotubos de carbono, por lo cual es necesario incluir un curso opcional de nano electrónica. Ya que el campo es bastante amplio, y ya se aplica en muchos países y tenemos ya en el mercado guatemalteco de electrónica productos elaborados con nanotecnología, por lo que es primordial desarrollar profesionales en esta área y despertar su interés en especializarse para ayudar a las industrias o crear propias, capaces de competir con los nanoproductos.

4.5.1.1.6. Ingeniería en Alimentos

Para los estudiantes de ingeniería en alimentos es importante darles a conocer todos los avances que existen en los materiales de empaques de alimentos, el control de calidad, los complementos alimenticios y las materias primas que surgen o pueden surgir con la nanotecnología.

4.5.1.1.7. Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Dar a conocer y promover la investigación y elaboración de software para simulación, utilizados para nanotecnología. Existe gran cantidad de software libre de simulación disponible en internet, por lo que este material puede ser utilizado en los laboratorios. También debe incluirse en los cursos actualizaciones sobre nanorobótica y las propiedades y funciones de los computadores cuánticos.

4.5.1.1.8. Ingeniería Civil

En ingeniería civil es importante darle a conocer a los estudiantes los nuevos materiales que son capaces de construir con nanotecnología, ya que en otros países se están desarrollando e investigando nuevos materiales para asfalto, vidrios que se limpian solos, pintura anti grafiti y otros de interés para esta ingeniería.

4.5.1.1.9. Ingeniería Eléctrica

Debe inculcarse el interés de los estudiantes en nuevas formas de energía como los catalizadores para celdas combustibles, sistemas de almacenamiento de hidrógeno y más.

Se recomienda por la necesidad de Guatemala en encontrar formas de energía más económicas, agregar un curso de energía con nanotecnología.

4.5.1.1.10. Física

La física está ligada inmersamente en la nanotecnología, por lo que es necesario crear un curso obligatorio de nanotecnociencia donde se den a conocer las propiedades físicas de los materiales a escala nanométrica y las reacciones de los mismos a esta escala.

4.5.1.1.11. Licenciatura en Matemáticas

La matemática describe y cuantifica el comportamiento de los fenómenos físicos, sociales, etc., por eso está en toda ingeniería y ciencia, básicamente en la creación de la nanotecnología, se necesita saber calculo algorítmico, y la programación de todos los procesos es matemática, por lo que es necesario dar a conocer la nanotecnología de manera que despierte interés en los matemáticos debido a la necesidad de ellos en un laboratorio y en investigaciones de esta tecnología.

4.5.1.2. Facultad de Ciencias Médicas

Es necesario incluir un curso obligatorio de nanotecnología aplicada a la salud, donde se estudien los métodos que están en investigación sobre el cáncer, alzheimer, parkinson y VIH que son los temas de la actualidad.

4.5.1.3. Facultad de Ciencias Químicas

En esta facultad deben agregarse cursos específicos de nanotecnología, ya que para actualizar el pensum deben darse los conceptos básicos de la nanociencia.

4.5.1.3.1. Biología

Debe incluirse al pensum de estudios un curso de nanobiotecnología, junto con nanociencia para aprender los avances y las posibilidades que se tienen en Guatemala de esta tecnología ya que la biotecnología tiene ya espacio en el país.

4.5.1.3.2. Nutrición

En nutrición deben estudiarse los nuevos complementos alimenticios que pueden crearse con la nanotecnología, también es necesario crear un curso de nanociencia, para que sepan los conceptos básicos.

4.5.1.3.3. Química

Los estudiantes de química deben llevar un curso de nanociencia y estudiar las propiedades químicas y físicas de los materiales que cambian a la escala nanométrica.

4.5.1.3.4. Química Biológica

Es recomendable incluir en el pensum de esta carrera, el curso de nanobiotecnología al igual que nanociencia.

4.5.1.3.5. Química Farmacéutica

En esta carrera es muy importante crear un curso de nanociencia enfocado a fármacos elaborados con nanotecnología, y analizar y conocer el equipo adecuado para la fabricación de los mismos.

4.5.1.4. Facultad de Odontología

Se recomienda incluir un curso optativo de nanociencia enfocada a nuevos materiales y nuevas técnicas odontológicas con el uso de nanotecnología. Para que más adelante tengan interés en especializarse en el área.

4.5.1.5. Facultad de Veterinaria y Zootecnia

Aunque el interés de estudiantes y profesionales en esta facultad es muy bajo, se recomienda dar información básica sobre esta tecnología ya que todo profesional debe estar actualizado.

4.5.1.5.1. Veterinaria

Incluir temas de salud aplicada a la vida animal, con nanotecnología y los conceptos básicos de la nanociencia.

4.5.1.5.2. Zootecnia

Ya que la zootecnia se ocupa del estudio de la producción de animales, así como de sus derivados, es necesario dar a conocer a los estudiantes que tiene la nanotecnología respecto al bienestar animal, con complementos alimenticios, fijándose como objetivo la obtención del óptimo rendimiento de las explotaciones pecuarias.

4.5.1.6. Facultad de Agronomía

En esta facultad debe darse a conocer la importancia de la nanotecnología en la agronomía, ya que el agua es uno de los temas con más interés de la nanotecnología y en la agronomía.

4.5.1.6.1. Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales

Los estudiantes deben saber los beneficios de la nanotecnología en el área agropecuaria y forestal ya que con ella se pueden crear nuevos materiales con las mismas características de la madera por ejemplo, y con ello no se daña el ambiente cuidando así los bosques.

4.5.1.6.2. Agronomía en Producción Agrícola

Para la producción agrícola es necesario que los estudiantes sepan la importancia de aprender nuevas técnicas de filtración de agua y desalinización con nanotecnología.

4.5.2. Reforzamiento en las áreas de:

Matemática, física y química las cuales son la base para el entendimiento de la nanotecnociencia.

4.5.2.1. Matemática

En todas las facultades anteriormente mencionadas debe implementarse un reforzamiento en el área de la matemática, ya que es la base para la aplicación y comprensión de las nuevas ecuaciones que surgen de la nanotecnología por lo que debe citarse a expertos en el tema para que evalúen el contenido de los programas y sugieran nuevos temas que ayuden a una comprensión más fácil de la nanociencia.

4.5.2.2. Física

La física es tal vez el área más importante a reforzar en las distintas facultades de interés, ya que se debe tener una base sólida de física para aplicar y estudiar nanotecnociencia, para reforzarse esta área debe incluirse estudios de física cuántica.

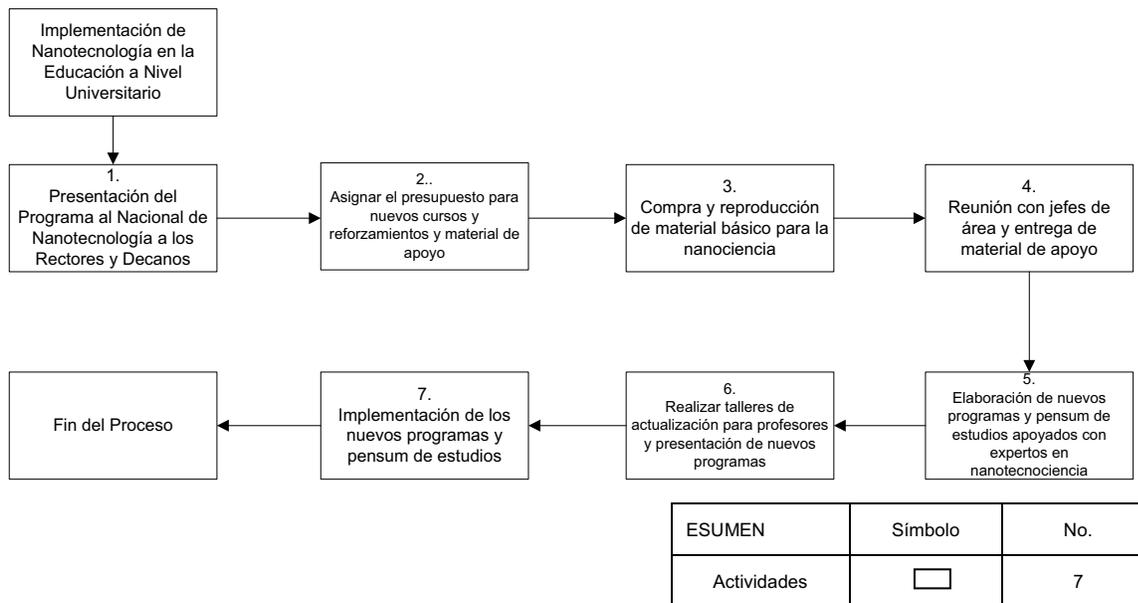
4.5.2.3. Química

Debe incluirse y modificarse contenido en el área de química, ya que es en esta área donde se explica el comportamiento de los elementos químicos que se encuentran en el ambiente, y los profesores deben dar a conocer que la materia ya no es indivisible.

Hay que cambiar totalmente muchas propiedades y leyes que existen en los programas de este curso, ya que la nanotecnología revolucionó muchos conceptos y comportamientos en la materia. Todos estos nuevos descubrimientos como por ejemplo la posibilidad de crear agua con la manipulación de dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno con nanotecnología, debe darse desde la química básica.

4.5.2.4. Diagrama de flujo de proceso de implementación

DIAGRAMA DE PROCESO DE IMPLEMENTACION DE NANOTECNOLOGÍA
EN LA EDUCACIÓN A NIVEL UNIVERSITARIO
Descripción del Proceso
Universidad de San Carlos de Guatemala
Realizado por: Análí Anleu Zeissig



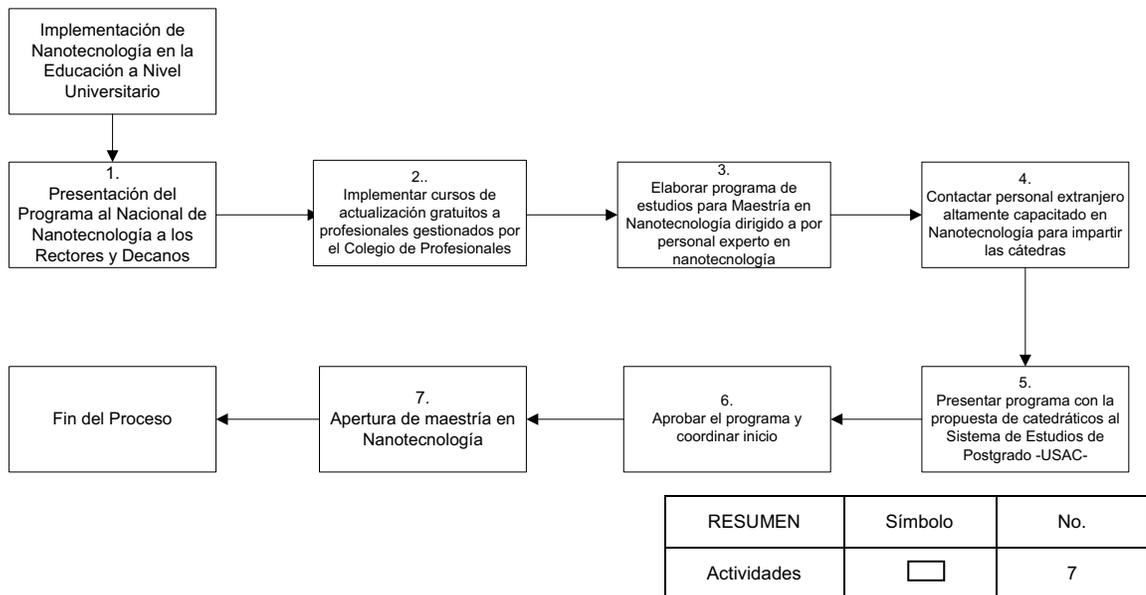
Fuente: elaboración propia.

4.5.3. Educación a nivel de postgrado

A nivel de postgrado como se menciona en capítulos anteriores, ya se tuvo en Guatemala el primer curso de postgrado de Especialización en Nanotecnología, y según el estudio de mercado realizado se tendrá una gran demanda de profesionales en cursos de actualización, debido al desconocimiento del tema. Por lo que se deben planificar cursos de actualización periódicamente enfocados a profesionales de distintas áreas, con esto se despertará el interés en especializarse en esta tecnología tan avanzada y se debe realizar un programa de estudios a nivel de maestría en nanotecnología. Para así contar con personal capacitado que es indispensable para el desarrollo de esta área.

4.5.3.1. Diagrama de flujo de proceso de implementación

DIAGRAMA DE PROCESO DE IMPLEMENTACION DE NANOTECNOLOGÍA
EN LA EDUCACIÓN A NIVEL UNIVERSITARIO
Nivel de Postgrado
Universidad de San Carlos de Guatemala
Realizado por: Analí Anleu Zeissig



Fuente: elaboración propia.

4.6. Capacitaciones

Las capacitaciones en nanotecnología deben impartirse por profesionales expertos en el área, estas dirigidas a profesionales de distintas carreras universitarias. Debido a que en Guatemala no se cuenta con personal capacitado, las capacitaciones deben ser realizadas por extranjeros o guatemaltecos que han estudiado nanotecnología en el exterior. Entre los temas de más interés para las capacitaciones se tienen todas las posibles aplicaciones de nanotecnología en Guatemala, según el interés de las personas estas son; maquinaria y equipo, informática, robótica, medicina, medio ambiente y nanobiotecnología.

4.7. Campañas de divulgación

Debe realizarse una campaña continua de divulgación, apoyándose con los medios de comunicación, por medio de noticieros, programas para jóvenes, y muchos programas que continuamente entrevistan a personas de diferentes profesiones. Para ello debe realizarse un reportaje de todo lo que se ha hecho y está por hacer en Guatemala respecto a la nanotecnología. Y así presentarlo a los medios de comunicación para despertar su interés.

A si mismo deben realizarse eventos de gran magnitud para que la prensa escrita también apoye a esta campaña. También deberán estar disponibles en los sitios más visitados de la *web*, videos sobre nanotecnología; los mismos que serán reproducidos en los talleres de información.

Apoyar una red de consejeros entre profesores universitarios y maestros escolares.

4.8. Recursos e insumos necesarios

4.8.1. Recursos humanos

Debe incrementarse el recurso humano en el campo de la nanotecnología por medio de becas, postgrados, renovación curricular, a la vez que se organicen seminarios y cursos interdisciplinarios y especializados en las áreas identificadas como prioritarias.

También debe apoyarse la capacitación de personal de mantenimiento de equipo para maximizar la eficiencia de infraestructura y propiciar la incorporación del recurso humano capacitado dentro de las fuentes de trabajo a nivel de país.

4.8.1.1. Encargado del programa

Las atribuciones y responsabilidades para el encargado del programa Nacional de Nanotecnociencia de Guatemala, son las siguientes:

- Coordinar las actividades para la implementación del programa, tomando en cuenta las líneas de acción generales del mismo.
- Profundizar la investigación sobre nanotecnociencia, mediante actividades especiales (seminarios, talleres, foros) y difundir los resultados.
- Propiciar condiciones para fortalecer la investigación que se desarrolla en las distintas líneas de investigación.

- Orientar las investigaciones y proyectos en base a las políticas, líneas y prioridades que existan en el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología, y el contexto socioeconómico del país.
- Retroalimentar la investigación por medio de los resultados generados en los proyectos de investigación.

4.8.1.2. Profesores

Es necesario promover y fortalecer la colaboración, coordinación de esfuerzos y consolidación de grupos de trabajo entre científicos y profesores de instituciones a nivel internacional, aprovechando la transferencia de tecnología, el conocimiento de expertos y oportunidades de formar recurso humano fuera del país para que más adelante puedan ser profesores. Para así tener un grupo de profesores altamente especializados quienes serán responsables de la capacitación de los guatemaltecos en el área de nanotecnociencia.

4.8.1.3. Técnicos

Es necesario formar un equipo de técnicos especializados en nanotecnociencia, para en un futuro dar soporte a los laboratorios. El papel del personal técnico es muy importante para maximizar el uso de equipo y dar mantenimiento preventivo a toda la maquinaria la cual es sumamente sofisticada.

4.8.2. Recursos materiales

4.8.2.1. Laboratorio

En Guatemala es posible lograr el óptimo aprovechamiento de recursos existentes para el estudio de nanotecnología, teniendo un laboratorio, y se debe aprovechar el interés que existe en varias instituciones internacionales para financiar laboratorios y proyectos orientados a la nanotecnociencia.

La creación de laboratorios en nanotecnociencia ha sido una inversión fructuosa en otros países, dado que toda vez los procesos han sido implementados, se requiere de poca labor y mantenimiento, además, dentro del campo de investigación y desarrollo se pueden favorecer nuevos descubrimientos que tengan un impacto social significativo.

4.8.2.1.1. Instalaciones

Las instalaciones inicialmente podrán ser en la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el edificio S-11, donde se encuentra la Dirección General de Investigación, a medida que se necesite más espacio se deberán realizar estudios para determinar una mejor localización.

Tabla X. **Presupuesto para las instalaciones de un laboratorio de nanotecnología**

Actividad	Costo aproximado
Diseño del Laboratorio, elaboración de planos.	Gratis a través de la Dirección General de Servicios de la Universidad de San Carlos de Guatemala
Desmontar el salón asignado para el Laboratorio	Gratis a través de la Dirección General de Servicios de la Universidad de San Carlos de Guatemala
Construcción de lavaderos, caseta para instalación de gases y cielo falso	Q.50,000.00
Instalación de puerta de ingreso restringido	Q. 1,000.00
Ventanería de base PVC	Q 15,000.00
Instalación de aire acondicionado	Q 25,000.00
Puertas de Aluminio para cuarto limpio y bodega	Q 900.00
Estanterías para bodega	Q 5,000.00
Piso de granito sin ciza, aproximadamente 90 m ²	Q, 20,000.00
Materiales e insumos extra	Q. 5,000.00
Total	Q 121,900.00

Fuente: elaboración propia.

4.8.2.1.2. Balanza analítica +/- 0.01mg

La mayoría de usuarios de balanzas deben registrar pesos o valores calculados a partir de los datos suministrados por el instrumento. Con frecuencia se requiere efectuar cálculos adicionales, como combinación de pesos de muestra con resultados de otros análisis. Con una balanza analítica se integra la balanza directamente al software del laboratorio, y no requiere software adicional. Esta balanza funciona como instrumento primario.

Costo aproximado: Q 20,000.⁰⁰

Figura 116. **Balanza analítica**



Fuente: www.universidades-rusia.com

4.8.2.1.3. Analizador Termo gravimétrico TGA

El análisis termogravimétrico es una técnica que mide la variación de masa en un compuesto en función de la temperatura. Las variaciones de temperatura no siempre implican un cambio en la masa de la muestra; existen sin embargo cambios térmicos que sí se acompañan de un cambio de masa, como la descomposición, la sublimación, la reducción, la deserción, la absorción y la vaporización. Estos cambios pueden ser medidos con el analizador termogravimétrico.

Características:

- Precisión de medida: $\pm 1 \mu\text{g}$.
- Rango de temperatura: desde ambiente hasta $1500 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Rango de medida de pesada: $\pm 20\text{mg}$ y $\pm 200\text{mg}$.
- Velocidad de calentamiento programable: desde $0,1 \text{ }^\circ\text{C/h}$ hasta $50 \text{ }^\circ\text{C/min}$.
- Programación de temperaturas: hasta 99 etapas en régimen isoterma. Calentamiento o enfriamiento lineal.
- Sensor de temperatura: termopar de Pt-PtRh (10%).
- Control de gases en el horno (aire, oxígeno, nitrógeno) con un flujo máximo de 250 ml/min .
- Salida de señal analógica: temperatura, peso, peso diferenciado en el tiempo.
- Salida de señal digital: interfaz serie RS232C.
- Cantidad máxima de muestra: 1 g , incluyendo tara.

Costo aproximado: Q 2,800,000.⁰⁰

Figura 117. **Analizador Termo gravimétrico TGA**



Fuente: www.ehu.es

4.8.2.1.4. Difractometro de rayos X

Ha llegado a la medicina nanopartículas para llevar fármacos donde se necesiten o nuevos materiales capaces de comunicarse con las células e inducir la regeneración de los tejidos.

Costo aproximado: Q 5,000,000.⁰⁰

Figura 118. Difractometro de rayos X



Fuente: www.universidades-rusia.com

4.8.2.1.5. Calorímetro diferencial de barrido

La calorimetría diferencial de barrido es el método de Análisis Térmico que más se utiliza. Los calorímetros diferenciales de barrido funcionan de acuerdo con el principio de flujo de calor y se caracterizan por una construcción simétrica de tres dimensiones con un calentamiento homogéneo. Los sensores con alta sensibilidad calorimétrica, constantes de periodos cortos y una cámara de muestra libre de condensación en la célula DSC garantizan una sensibilidad de detección alta y estable, líneas base reproducibles sobre todo el ciclo de vida de un instrumento: calificaciones ideales para su aplicación con éxito en investigaciones y en estudios académicos, desarrollo de materiales y control de calidad.

Costo aproximado: Q 1,100,000.⁰⁰

Figura 119. **Calorímetro diferencial de barrido**



Fuente: www.telstar-instrumat.com

4.8.2.1.6. Pipetas digitales

Con estas se puede realizar dispensaciones iguales repetitivas, series de dispensaciones de diferentes volúmenes, con succión de productos, mezcla y dispensación, motor de aspiración y dispensación de velocidad variable, para adecuarse a diferentes viscosidades.

Costo aproximado: Q 30,000.⁰⁰

Figura 120. **Pipetas digitales**



Fuente: www.spainlab.com

4.8.2.1.7. Agitador tipo Vortex

Diseñado especialmente para agitar, por vibración circular, muestras en tubos de ensayo, tubos de centrifuga, tubos de colorímetro, así como pequeños recipientes. Equipo liviano ensamblado en caja metálica, de fácil manejo y limpieza, muy económico. Funciona con un sistema mecánico de rotación directa con excéntrica de 1.5 mm que hace vibrar la cabeza en caucho. En su panel frontal tiene un codillo de encendido y un led que indica su activación. En su panel posterior tiene el cable de poder.

Costo aproximado: Q 5,000.⁰⁰

Figura 121. **Agitador tipo Vortex**



Fuente: www.empresario.com.co

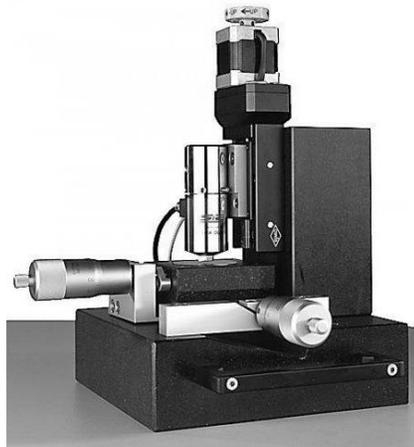
4.8.2.1.8. Microscopio AFM

El Microscopio de fuerza atómica (AFM, de sus siglas en inglés *Atomic Force Microscope*) es un instrumento mecano-óptico capaz de detectar fuerzas del orden de los piconewtons. Al rastrear una muestra, es capaz de registrar continuamente su topografía mediante una sonda o punta afilada de forma piramidal o cónica.

La sonda va acoplada a un listón o palanca microscópica muy flexible de sólo unos 200 μm . El microscopio de fuerza atómica es esencial en el desarrollo de la nanotecnología, para la caracterización y visualización de muestras a dimensiones nanométricas ($1 \times 10^{-9} \text{m} = 1 \text{nm}$).

Costo aproximado: Q 2,500,000.⁰⁰

Figura 122. **Microscopio AFM**



Fuente: www.rudy68.wordpress.com

4.8.2.1.9. Horno

Los hornos son utilizados cuando se realizan pruebas de envejecimiento, secado de material o aquellas que requieran temperaturas de hasta 300°C. Se puede disponer de hornos de convección natural, mecánica digitales análogos y microprocesados de diversos volúmenes. También puede elegirse entre hornos para aplicaciones especiales tales como: Tipo Clase 100, de vacío, para determinación de humedad, y hornos de alta temperatura en vacío. Alimentación disponible de 120 v, o, 240 v, 50/60Hz.

Costo aproximado: Q 10,000.⁰⁰

Figura 123. **Horno**



Fuente: www.cienytec.com

4.8.2.1.10. Balanza semianalítica

Es de utilidad el uso de instrumentos de medición, que sean lo más exactos posibles, las balanzas semianalítica se utilizan para medidas de peso en laboratorio y que no requieren precisión mayor a 2 decimales, la cual nos entrega los pesos de los objetos los cuales responden a el resultado de la fuerza de atracción que se ejerce entre el objeto y la tierra. De esta forma se obtienen los pesos exactos, a través del buen uso de la balanza semianalítica.

Costo aproximado: Q 3,000.⁰⁰

Figura 124. **Balanza semianalítica**



Fuente: www.ispc.com.mx

4.8.2.1.11. Cristalería

La cristalería necesaria para un laboratorio de nanotecnología debe incluir como mínimo, beakers 5, 10, 50,100 y 250 ml, erlenmeyers 50,100 y 250 ml, varillas de agitación, balón aforado 5, 10,25,50,100,250 ml, vidrios de reloj, buretas 10,25 y 50 ml, embudos buchner, kitazatos 100, 250, 1000 ml, cajas de petri de vidrio, pipetas volumétricas 1 a 50 ml, probetas, ampollas de separación, tubos de ensayo, gradilla para tubos de ensayo, pinzas para crisol, pinza para cápsulas de porcelana, pinzas de metal, desecadora, tamices, morteros con pistilo, espátulas, embudos de vidrio, anillos de metal, pinzas universales, pinzas para bureta, cápsulas de porcelana, crisoles, rejillas metálicas, mechero bunsen, baños plásticos, un picnómetro, dos planchas de calentamiento e insumos varios.

Costo aproximado: Q 50,000.⁰⁰

Figura 125. **Cristalería**



Fuente: www.uriel-93.over-blog.com

4.8.2.1.12. Software de simulación

El software de simulación utilizado para predecir el comportamiento de las nanoestructuras y otras características son imprescindibles para trabajar con materiales invisibles al ojo humano, es por ello que se requieren para todo laboratorio de nanotecnología.

4.8.2.2. Materiales y equipo de oficina

Tabla XI Presupuesto para materiales y equipo de oficina

Accesorios a la Infraestructura	Unidades	Valor Unitario (Q)	Valor Total (Q)	Lugar de Cotización	Especificaciones
Aire Acondicionado	1	8,000.00	8,000.00	Climart S.A.	N.D.
Mesas de Acero Inoxidable	6	1,560.00	9,360.00	MSN Shopping	Work Table Undershelf - 24"W x 48"L
Sillas	12	1,100.00	13,200.00	MSN Shopping	OFM Superchair Drafting Chair 105-AA3-DK
Escritorios	3	2,145.00	6,435.00	MSN Shopping	Bush Furniture Northfield 62" W Credenza EX17712
Computadoras (Desktop)	2	7,800.00	15,600.00	MSN Shopping	Apple iMac Core 2 Duo 2.16 GHz - 24" TFT
Impresoras	2	1,560.00	3,120.00	MSN Shopping	HP Color LaserJet 2600n - printer - color – laser
Regletas	4	50.00	300.00	MSN Shopping	Six-Outlet Plastic Power Strip
USP	4	350.00	1,400.00	BMart S.A.	N.D.
Archivo	1	2,890.00	2,890.00	MSN Shopping	OfficeMax Premium 10000 Series Lateral File, 2-Drawer, 36W, Black
Reloj/Medidor Hum Rel y T	1	310.00	310.00	MSN Shopping	RH / Temperature / Clock
Aspiradora pequeña	1	135.00	135.00	MSN Shopping	Dirt Devil Detailer MCV2000
Extintor de Fuego	2	1,700.00	3,400.00	MSN Shopping	20 lb ABC Extinguisher w/ Wall Hook
Lavado de Ojos	1	280.00	280.00	MSN Shopping	Cederroth Eyewash & Wall Mount
Total			64,430.00		

Fuente: elaboración propia.

4.8.3. Recursos financieros

Para iniciar con las actividades del programa, es necesaria una inversión inicial en las instalaciones de un laboratorio. Y anualmente debe asignársele un presupuesto que incluirá el sueldo para el encargado del programa, profesores y técnicos, como también el financiamiento para proyectos de investigación que permanezcan entre las líneas de investigación definidas.

- Inversión Inicial:

Tabla XII **Presupuesto de Equipo de Laboratorio de Nanotecnología**

Equipo	Precio
Balanza analítica +/- 0.01 mg	Q 20,000.00
Analizador Termogravimétrico TGA	Q2,800,000.00
Difractometro de Rayo X	Q5,000,000.00
Calorímetro diferencial de barrido	Q1,110,000.00
3 Pipetas digitales de 0.01 uL a 50 mL	Q30,000.00
Agitador tipo Vortex	Q,5,000.00
Microscopio AFM	Q.2,500,000.00
Horno	Q.10,00.00
Balanza semianalítica	Q.3,000.00
TOTAL EQUIPO	Q11,478,000.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Presupuesto Inversión Inicial para un laboratorio de nanotecnología**

INVERSIÓN INICIAL	
Instalaciones	Q121,900.00
Equipo	Q11,478,000.00
Cristalería	Q50,000.00
Materiales y equipo de oficina	Q64,430.00
TOTAL	Q11,714,330.00

Fuente: elaboración propia.

4.8.3.1. CONCYT

El objetivo general es promover el desarrollo de la ciencia y tecnología; su contribución para mejorar la calidad de vida de los Guatemaltecos.

En el contexto de la globalización, es imperativo que Guatemala adquiera mayor capacidad para participar en el avance científico mundial, basado en ello tiene como objetivo contribuir:

- A la eficiencia, productividad y competitividad de los sectores productivos;
- Al conocimiento, protección y conservación del patrimonio natural y cultural;
- A la promoción de la investigación científica y tecnológica de beneficio social.

Estrategias:

- Desarrollo de una cultura científica y tecnológica.
- Vinculación oferta y demanda del conocimiento.
- Formación, capacitación y actualización de recursos humanos.
- Promoción de inversión en ciencia y tecnología.

4.8.3.2. Rusia

Según la Embajada de Rusia en Guatemala para el período 2007-2009 Rusia ofreció al país un Programa de Estudios de Postgrado en las siguientes áreas: ciencias agrícolas, ciencias químicas, ciencias biológicas y ciencias jurídicas, entre otras. Para el año 2009, Guatemala recibió la oferta rusa de 10 becas. Se espera la respuesta de aceptación por parte del Gobierno de Rusia para ayuda en intercambio o financiamiento de nanotecnología.

Asimismo, Rusia otorga a Guatemala Cooperación Técnica a través de becas a nivel de licenciaturas y maestrías en las áreas de Humanidades, Ciencias Económicas, Medicina, Ingeniería Mecánica, y Genética, entre otras.

La participación de guatemaltecos en becas de Rusia entre los años 2001-2008 fue de 39 estudiantes.

4.8.3.3. Japón

La asistencia oficial para el desarrollo de Japón incluye asistencia financiera no reembolsable, asistencia técnica, préstamos y asistencia financiera otorgada a organizaciones internacionales comprometidas en el trabajo del desarrollo y la asistencia. A pesar de que el monto de asistencia externa del Japón ha venido decayendo por razones presupuestarias desde el año 1998, con el desembolso de U\$S 9,8 mil millones en ayuda externa en 2001, Japón fue, por 10 años seguidos (hasta 2000), el mayor donante de asistencia en el mundo, medido por el desembolso de asistencia por parte de los países industriales representados en el Comité de Asistencia para el Desarrollo (DAC) de la OCDE.

En la actualidad Japón se encuentra en el segundo lugar detrás de los Estados Unidos, entre los mayores donantes de asistencia para el desarrollo del mundo.

En 2001, 56,6% de la asistencia bilateral del Japón se dirigió al Asia, 11,4% a África, 9,9% a América Central y del Sur, 3,9% al Medio Oriente, 1,6% a Europa, 1,4% a Oceanía, y 15,3% a otros. Mientras en términos absolutamente monetarios el monto de la asistencia financiera no reembolsable del Japón en el período 1989-99 fue el segundo más grande, detrás de los Estados Unidos, el porcentaje de fondos que no necesita reembolsarse del total de la asistencia japonesa promedia el 45,4%, el nivel más bajo entre los 22 países del DAC.

Japón implementa su asistencia para el desarrollo de acuerdo con la Carta para la Asistencia para el Desarrollo adoptada por el Gabinete en 1992 y reformada en agosto de 2003.

Esta carta establece 4 principios: la prosecución de la conservación ambiental simultáneamente con el desarrollo, la prohibición del uso de la asistencia con propósitos militares o para el agravamiento de conflictos internacionales, el monitoreo del gasto militar de los países receptores, del desarrollo y producción de armas de destrucción masiva y misiles y de su comercio de armas y el monitoreo de sus esfuerzos para promover la democratización y la introducción de una economía de mercado y de la situación de los derechos humanos.

La administración de los programas y políticas de asistencia del Japón se encuentra en un número de ministerios y agencias del gobierno, siendo el Ministerio de Asuntos Exteriores el coordinador. Son respaldados por dos instituciones fundadas por el gobierno, el Banco del Japón para la Cooperación Internacional (JBIC) y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

4.8.3.4. Corea

Guatemala ha mantenido y desarrollado las relaciones cooperativas y amistosas en las diferentes áreas de política, economía, social y cultural, desde el establecimiento de relaciones diplomáticas con la República de Corea en el año 1962. Asimismo ambos países han promovido una estrecha cooperación bilateral en escenarios internacionales como la ONU.

En la actualidad, Guatemala cuenta con una comunidad coreana de 10 mil personas y alrededor de 150 compañías coreanas que están invirtiendo en el país, contribuyendo así al desarrollo socio-económico de Guatemala.

Corea tiene como objetivo la cooperación e intercambio de recursos humanos a nivel gubernamental entre Guatemala. También el establecimiento de relaciones de cooperación económica entre ambas naciones y apoyo a la exploración del mercado guatemalteco y a las actividades que fomentan la inversión extranjera.

5. SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA NACIONAL DE NANOTECNOLOGÍA PARA LA MEJORA CONTINUA

5.1. Actualizaciones tecnológicas

Deben conocerse todos los avances de nanotecnología, ya que constantemente se descubren nuevas propiedades y nuevas aplicaciones para esta tecnología, y salen al mercado nuevos productos. Estando al tanto de todos estos acontecimientos se podrá informar a las personas interesadas y despertar el interés de otras.

5.2. Evaluaciones

Para medir el impacto de las campañas de divulgación y de los talleres deberán realizarse evaluaciones por medio de encuestas que midan nuevamente el interés y el conocimiento de nanotecnología. Estos resultados nos indicaran el avance que se tiene y el impacto que se ha tenido gracias al trabajo de divulgación.

5.3. Monitoreo y seguimiento

Tabla XIV. **Tabla de control y seguimiento del Programa Nacional de Nanotecnociencia**

Acciones	Resultados o Indicadores
Promover la gestión de recursos financieros para el desarrollo de la nanotecnociencia dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.	Incremento de los fondos disponibles para el desarrollo de la nanotecnociencia en el país.
Apoyar y fortalecer la Red para la Implementación de la Nanotecnología en Guatemala, REDNANOTEG.	Listado o directorio de investigaciones e investigadores en nanotecnociencia. REDNANOTEG activa. Sitio <i>web</i> .
Incrementar el recurso humano en el área de nanotecnociencia por medio de becas, postgrados, renovación curricular, seminarios, cursos de actualización y especialización en las áreas con más interés.	Número de investigadores capacitados y actualizados. Número de cursos impartidos.
Implementar un sistema de promoción, difusión, divulgación y transferencia de nanotecnología a través de seminarios, cursos educativos y talleres sobre nanotecnología y sus aplicaciones, para estudiantes, docentes, técnicos, profesionales, grupos interesados y población en general.	Número de seminarios, cursos y talleres diseñados.
Crear regulaciones y promover la creación de un marco legal para el uso de la nanotecnología.	Documento que muestre la existencia de regulaciones e instancias revisoras científico-tecnológicas.
Precisar y gestionar los recursos para el establecimiento, mantenimiento y desarrollo del espacio físico, personal, equipamiento e insumos que garanticen la conformación y el funcionamiento de un laboratorio nanotecnológico.	Capacidad o asistencia técnica identificada. Equipamiento e insumos identificados. Laboratorio en funcionamiento.
Desarrollo de proyectos en nanotecnociencia que ofrezcan soluciones factibles a las necesidades nacionales en un marco regido por principios éticos, de protección ambiental y compromiso social, de manera que se propicie la continuidad de la investigación en esta rama.	Número de proyectos creados y realizados.

Fuente: elaboración propia.

5.4. Talleres de seguimiento

Es necesario llevar a cabo talleres de seguimiento con grupos de profesionales multidisciplinarios expertos en el tema de nanotecnociencia, para analizar todas las actividades realizadas, sus resultados, y así proponer medidas correctivas en cuanto a las acciones tomadas o planes de mejora continua respecto a las líneas de acción generales del programa. También analizar los resultados obtenidos tras la ejecución de la parte experimental, obtener las principales conclusiones y formular recomendaciones al respecto.

CONCLUSIONES

1. La nanotecnología tiene diversas aplicaciones y cada día alrededor del mundo surgen nuevas, las áreas de más interés científico son: salud, con propuestas de curas para las enfermedades mortales más temibles como el cáncer, alzheimer, parkinson y el VIH; alimentos, con empaques inteligentes que conservan mejor los alimentos, nuevas técnicas de control de calidad, complementos alimenticios y materias primas; energía, nuevas y económicas formas de energía como los catalizadores de celdas combustibles y sistemas de almacenamiento de hidrógeno.

También existen otras aplicaciones como cosmetología, con cremas y tratamientos regenerativos y antiarrugas; ciencia de los materiales, nuevos materiales inteligentes capaces de cambiar de color, temperatura y propiedades nuevas; medio ambiente, con creación de sensores y biosensores para el control ambiental; agricultura, con nuevas y mejores técnicas de filtración y desalinización del agua; textil, telas inteligentes antiarrugas y que no se manchan; entre muchas otras aplicaciones como electrónica e informática.

2. Actualmente Guatemala es uno de los países con menos investigaciones en nanotecnociencia, ya que no se cuenta con laboratorios ni equipos diseñados para la nanotecnología, a pesar de esto se han realizado diferentes actividades para dar a conocer la nanotecnología, éstas organizadas por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Estas actividades fueron iniciadas desde el 2006 hasta la fecha actual, desarrollándose cada año con mayor intensidad y alcanzando el interés de un porcentaje cada vez más alto de personas. Como principal actividad se tuvo un curso de postgrado de Especialización en Nanotecnología, éste es un gran avance para el país ya que ahora se cuenta con un grupo de profesionales multidisciplinarios especializados en nanotecnología.

3. La estructuración de un programa nacional de nanotecnociencia es el primer paso que han dado todos los países que poseen nanotecnología, es por ello que fue de suma importancia la participación de profesionales en la elaboración del mismo ya que debía ser enfocado a diferentes áreas y debe ser apoyado por el sector industrial, académico y estatal de Guatemala. Teniendo estructurado el programa se puede decir que se ha dado un gran avance para la implementación de nanotecnociencia en el país ya que la aprobación del programa nacional de nanotecnociencia permitirá la inversión de entidades tanto nacionales como extranjeras para la aplicación de nanotecnología en el país.

4. Guatemala no contaba con planes estratégicos para la implementación de nanotecnología, al haber trazado los objetivos, las líneas de investigación y las acciones a tomar dentro del programa nacional de nanotecnociencia, se dá un gran avance para el país, ya que con el programa se pueden crear vínculos estratégicos entre la industria, la academia y las entidades estatales interesadas en esta tecnología, para así invertir en un laboratorio nacional de nanotecnología, talleres, capacitaciones y cursos a nivel de postgrado. Obteniendo así recursos humanos, financieros y tecnológicos que estarán dentro del presupuesto de la nación.

5. Las principales áreas temáticas de nanotecnociencia en Guatemala son salud, alimentos, energía, cosmetología, nuevos materiales, medio ambiente, agricultura, textiles y otras áreas como electrónica, nanobiotecnología y materiales de construcción. Cada una de estas áreas deberá ser trabajada por distintos grupos disciplinarios expertos en el tema, realizando investigaciones dirigidas a aumentar la productividad y la eficiencia, de nuevos métodos de producción con nanotecnología o en el caso de la salud y medio ambiente, soluciones factibles a problemas que presentan estas áreas, buscando beneficiar a la sociedad guatemalteca.

6. Para implementar el programa nacional de nanotecnociencia en los tres sectores más importantes; estatal, académico e industrial, debe darse a conocer el programa al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, donde será revisado y evaluado, luego al ser aprobado se le es asignado un presupuesto anual con el cual podría iniciarse las actividades descritas en el mismo.

Para implementar el programa en la academia éste debe ser dado a conocer al Ministerio de Educación y al rector y decanos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quienes tendrán la tarea de dar los lineamientos a seguir a los jefes de áreas y catedráticos en general, para rediseñar los programas educativos e incluir actualizaciones sobre el tema brindando material didáctico. Así mismo la industria guatemalteca debe conocer el programa, y debe dársele a conocer los beneficios de invertir en tecnologías para ser más competitivos, para que así capaciten a empleados en esta área y más adelante puedan diseñar nuevos productos con nanotecnología.

7. La actualización tecnológica en el campo de la nanotecnología es muy importante para el seguimiento y mejora continua del programa nacional de nanotecnociencia, ya que con la nanotecnología día a día se tienen más aplicaciones, y éstas deben ser del conocimiento de todos, para saber que se puede desarrollar en Guatemala, y estudiar los nuevos conceptos que nacen de la investigación de los nanociencia. También se deben desarrollar nuevamente las encuestas que miden el grado de interés y de conocimiento sobre nanotecnología, para determinar el avance que se ha tenido con los talleres y el impacto que se tiene de las campañas de divulgación.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario mantener informados a los guatemaltecos de los avances nanotecnológicos internacionales, ya que con ello los empresarios también pueden estar al tanto de los productos que vendrán al mercado y con los cuales tendrán que competir. Ya que muchas industrias desconocen totalmente los nuevos productos desarrollados con nanotecnología.
2. Deben realizarse periódicamente diagnósticos situacionales de Guatemala respecto a la nanotecnociencia, y llevar memorias de todas las actividades que se realicen sobre el tema de nanotecnología.
3. Se recomienda que la estructura y el contenido de la propuesta del Programa Nacional de Nanotecnociencia presentada en este trabajo sea revisada por expertos en nanotecnología que trabajan con ella en el extranjero y que tengan el conocimiento de la implementación y desarrollo de programas de nanotecnología y nanociencia de otros países.
4. Las líneas de investigación presentadas en el plan estratégico del programa nacional de nanotecnociencia pueden ser desarrolladas como temas de tesis para las diferentes carreras universitarias. Al igual que las los temas citados en las áreas temáticas del programa.

5. Deben darse a conocer las áreas temáticas de nanotecnociencia por medio de campañas de divulgación y talleres donde se despierte el interés de investigadores y científicos en profundizar y estudiar el esas áreas con nanotecnología.
6. Se recomienda elaborar presentaciones, videos, reportajes y actividades que despierten el interés de estudiantes y empresas para participar de manera positiva en el proceso de implementación del programa.
7. Es recomendable crear una página *web* donde se encuentre información de todos los avances tecnológicos sobre nanotecnología y sobre todas las actividades a realizarse en Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

1. CABRERA, Liuba. *Documento Base Programa Universitario de Investigación en el Desarrollo Industrial Guatemala: –PUIDI-DIGI-USAC*, 2008. 15 p.
2. CHÁVEZ, Luis Vicente. *Definición de líneas prioritarias de investigación para el sector industrial*. Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Comisión Sectorial de Industria, 2004. 101 p.
3. DOMÍNGUEZ, Richard. *Programa Nacional de Nanotecnología y Centro Nacional de la Referencia en Nanotecnología*. Brasil: s.e., 2003. 78 p.
4. GIRALDO, Jairo. *Nociones preliminares sobre el universo nanoscópico, nanotecnociencia*. Colombia: Buinaima, 2007. 124 p.
5. MÉNDEZ, Edgar. *Programa Nacional de Biotecnología de Guatemala 2005-2014*. Guatemala: CONCYT-SENACYT-UNESCO, 2006. 34 p.
6. DELGADO, Gian Carlo. *Ciencia, estrategias de desarrollo del subsistema de la investigación científica*. Universidad Nacional Autónoma de México, 2004. 56 p.
7. _____. *Programa Nacional de Nanociencia y Nanotecnología para desarrollar nuevas bases tecnológicas*. México: s.e., 2002. 36 p.

8. REYNOSO, Edgar. *Programa Nacional de Industria de Guatemala*. Guatemala: CONCYT-SENACYT, 2009. 37 p.
9. RODAS, Andrea. *Informe final talleres para la difusión de la nanotecnología y sus aplicaciones*, Proyecto FACYT No. 35-2006. Guatemala: FACYT, 2008. 78 p.
10. STAIN, Mónica. *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2014*. Guatemala: CONCYT- SENACYT, 2005. 85 p.

ANEXOS

Para realizar el Taller de Prospectiva de Nanotecnociencia, se invitaron a profesionales y estudiantes universitarios de último año. En el taller se presentaron los resultados del estudio de mercado y se elabora una hoja de trabajo para definir las bases de un programa nacional de nanotecnociencia, las respuestas de las hojas de trabajos fueran presentadas por grupos afines a su profesión, exponiéndolas a todos los participantes. La invitación, los afiches, diplomas y las hojas de trabajo para el taller fueron los siguientes:

- Invitación al Taller



The poster features three logos at the top: EMH (Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial), the seal of Universidad de San Carlos de Guatemala, and DGI (Dirección General de Investigación). The text is centered and reads: 'Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, Dirección General de Investigación, Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial. Se complacen en invitarle a la presentación del estudio PROSPECTIVA DE LA NANOTECNOCENCIA EN EL SECTOR ACADÉMICO, INDUSTRIAL Y ESTATAL DE GUATEMALA'. At the bottom, there are two boxes: one with event details (Date: Friday, September 18, 2009; Time: 8:00 am; Location: Salón del CONCIUSAC, Edificio S-11 Tercer Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12) and another with contact information (Tel: 2418 7950 / 2418 7927, 2418 7951; Email: puidi@usac.edu.gt; Website: http://digi.usac.edu.gt/eventos).

EMH
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL

DGI
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN

Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial
Se complacen en invitarle a la presentación del estudio

PROSPECTIVA DE LA NANOTECNOCENCIA
EN EL SECTOR ACADÉMICO, INDUSTRIAL Y
ESTATAL DE GUATEMALA

Día: viernes 18 de septiembre de 2009
Hora: 8:00 am
Lugar: Salón del CONCIUSAC
Edificio S-11 Tercer Nivel,
Ciudad Universitaria, Zona 12

Tel: 2418 7950 / 2418 7927
2418 7951
puidi@usac.edu.gt
<http://digi.usac.edu.gt/eventos>

- Afiche de publicidad



Escuela Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Universidad de San Carlos

Universidad de San Carlos de Guatemala
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial

Se complacen en invitarle al taller:

**PROSPECTIVA DE LA NANOTECNOLOGÍA
EN EL SECTOR ACADÉMICO, INDUSTRIAL Y ESTATAL
DE GUATEMALA**

Día: viernes 18 de septiembre '09
Hora: 8:00am
Lugar: Salón del CONCIUSAC
Edificio S-11 3er nivel
Ciudad Universitaria

Tel: 24187950 / 24187927
24187951
puidi@usac.edu.gt
<http://digi.usac.edu.gt>

- Hoja de trabajo para el taller



Universidad de
San Carlos de Guatemala



DC
Dirección General de
Investigación

Hoja de Trabajo

Usted ha escuchado el informe sobre prospectiva de la nanotecnociencia en Guatemala, conceptos generales y aplicaciones actuales en el país. Se solicita que proceda a conformar grupos de trabajo, de preferencia con afinidad académica; nombrando en cada uno: un moderador(a); un secretario(a)-relator(a) y un coordinador (a); quienes abordarán la temática y responderán a las siguientes preguntas:

- 1) Considera oportuno la elaboración de un programa nacional sobre nanotecnociencia:

Si No
- 2) Si su respuesta es si, cual debiera ser la visión del programa nacional de nanotecnociencia:
- 3) Proponer estrategias que debe abordar el sector académico nacional para desarrollar la nanotecnociencia en Guatemala(en su área de trabajo)
- 4) Proponer estrategias que debe abordar el sector público nacional para desarrollar la nanotecnociencia en Guatemala. (en su área de trabajo)
- 5) Proponer estrategias que debe abordar el sector privado nacional para desarrollar la nanotecnociencia en Guatemala. (en su área de trabajo)
- 6) Sugerir áreas de investigación factibles para generar conocimiento nuevo en nanotecnociencia para Guatemala.
- 7) De su propuesta anterior (numeral 6) priorice una sola área que considere potencial para desarrollar nanotecnociencia en Guatemala. Justifique.

PROSPECTIVA DE NANOTECNOCIENCIA EN EL SECTOR INDUSTRIAL, ACADEMICO Y ESTATAL DE
GUATEMALA

- Diploma de participación




Dirección General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en
Desarrollo Industrial –PUIDI–
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Otorgan a:

ALEJANDRA BALDETTI

La presente constancia de participación en el evento **“Prospectivas de la Nanotecnociencia en el Sector Académico, Industrial y Estatal de Guatemala”** realizado en las instalaciones de esta Dirección General, el día 18 de Septiembre del presente año.

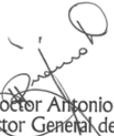
Guatemala de la Asunción, 18 de Septiembre de 2009



Inga. Liuba Cabrera de Villagrán
Coordinadora del PUIDI
Dirección General de Investigación

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”





Doctor Antonio Mosquera
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala