

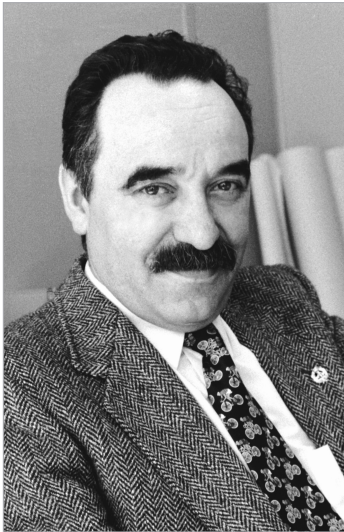
®

ADVANCED

F

FIBER OPTICS

100 QUESTIONS & ANSWERS



All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, including photocopying and recording, without the written permission of the copyright holder. Application for which should be addressed to the publisher. Such written permission must also be obtained before any part of this publication is stored in a retrieval system of any nature. Any person who does any unauthorized act in relation to this publication may be liable to criminal prosecution and civil claims for damages.

©Juan Carlos Jiménez Cortés, 1999  
Depósito Legal: B- 7731- 2000  
©Registration in Barcelona. Number B- 32448-1999

— I N D E X —

F I B E R S

INTRODUCTION .....	7
1. What is a fiber optic? .....	9
2. How many kinds of fibers are there? .....	9
3. What are fiber optics made off? .....	9
4. Are there different qualities of fiber optics? .....	9
5. What is a light guide? .....	10
6. What are bare fibers? .....	10
7. What are sheathed fibers? .....	10
8. Is the sheath color important? .....	10
9. What is a harness? .....	10
10. Do fibers have losses? .....	10
11. Why do some fibers change the color of the light? .....	10
12. Is low attenuation a sign of good quality fiber? .....	11
13. What are the advantages of glass fiber optics? .....	11
14. And the disadvantages? .....	11
15. What are the advantages of polymer fiber optics? .....	12
16. And the disadvantages? .....	12
17. Can I light a house with fiber optics? .....	13
18. Are fiber optics efficient as a means to transport light? .....	12
19. What can justify the use of fiber optics? .....	13
20. Are fibers safe? .....	13
21. Who makes fiber optics? .....	13
22. How are fiber optics made? .....	13
23. Are optical fibers fragile? .....	14
24. Can fibers be bent at right angles? .....	14
25. Can lighting fiber optics be spliced or joined? .....	14
26. Will light go any length along a fiber? .....	14
27. How many sizes are there of lighting fiber optics? .....	14
28. Can you put any amount of light into a fiber optic? .....	15
29. Do fiber optics transmit radiation .....	15
30. Glass or polymer? .....	15
31. Can fibers be made any size? .....	15
32. How long will fiber optics last? .....	16
33. Can several fibers give the same amount of light? .....	16
34. What are side-emitting fibers? .....	16
35. Are there different types of side emitting fibers? .....	16
36. What are solid core fibers? .....	16
37. What are multistranded optics? .....	17
38. What are coiled or roped optics? .....	17
39. Solid core or multicore? .....	17
40. Can side emitting optics be as bright or brighter than neon? .....	17
41. With all the limitations, what are the uses of side emitting optics? .....	18
42. What are the design constraints to side emitting optics? .....	18
43. Could the light along a side emitting optic be absolutely homogeneous? .....	18
44. Will we always see a difference in brightness along an optic? .....	18
45. Can light be made to move or chase along a side emitting optic? .....	19
46. Are the side-emitting fibers with reflecting core more luminous? .....	19
47. Is there any way to improve side-emitting viewing? .....	19

## I L L U M I N A T O R S

48. What is an illuminator? . . . . .	21
49. What makes a good illuminator? . . . . .	21
50. Is bigger better? . . . . .	21
51. How many types of illuminators are there? . . . . .	22
52. Halogen or gas discharge? . . . . .	22
53. Must all illuminators have forced ventilation? . . . . .	22
54. How noisy is an illuminator? . . . . .	22
55. Are certifications important? . . . . .	23
56. Are machines with the CE mark certified? . . . . .	23
57. How then do I recognize a product's quality? . . . . .	23
58. What about ISO 9000? . . . . .	24
59. How does a color change works? . . . . .	24
60. What is a dichroic filter? . . . . .	24
61. Are heat fuses necessary? . . . . .	24
62. Can multiple illuminators change colors simultaneously? . . . . .	25
63. Can illuminators be computer controlled? . . . . .	25
64. What is DMX? . . . . .	25

## E N D S , F I T T I N G S A N D T E R M I N A L S

65. What are end terminations? . . . . .	27
66. What are single ends? . . . . .	27
67. Are there many types of single ends? . . . . .	27
68. Is the fiber end important? . . . . .	27
69. How are glass fibers ended? . . . . .	28
70. How are polymer fibers terminated? . . . . .	28
71. How are solid core fibers terminated? . . . . .	28
72. How are coiled, twisted or roped fibers terminated? . . . . .	29
73. What is a common end? . . . . .	29
74. Is the common end important? . . . . .	29
75. What makes a good common end? . . . . .	29
76. How many types of common end are there? . . . . .	29
77. What is a randomized common end? . . . . .	30
78. What are end fittings? . . . . .	30
79. How many types of end fittings are there? . . . . .	30
80. Fittings or fixtures? . . . . .	30
81. Who manufactures end fittings? . . . . .	30
82. Are end fittings standard? . . . . .	30
83. What is an optical port . . . . .	31
84. Are there different types of optical port? . . . . .	31
85. Who manufactures optical ports? . . . . .	31
86. Are optical ports compatible? . . . . .	31

## S Y S T E M S

87. What is a fiber optics system? . . . . .	31
88. What is a fiber optics systems integrator? . . . . .	33
89. What is the difference between a fiber optics manufacturer and a fiber optics system manufacturer? . . . . .	33
90. Who are the best fiber optics manufacturers? . . . . .	33
91. Who are the best systems integrators? . . . . .	34
92. How many parts does a fiber optics system have? . . . . .	34
93. Are fiber optics systems expensive? . . . . .	34
94. Will fiber optics systems be cheaper in the future? . . . . .	35
95. Are fiber optics systems difficult to install? . . . . .	35
96. What is a starry sky? . . . . .	35
97. What is an effect wheel? . . . . .	35
98. What is an animation harness? . . . . .	35
99. What are spatial effects? . . . . .	36
100. How would you describe in one word fiber optics lighting systems? . . . . .	36

*Panta Rei*



# I N T R O D U C T I O N

Fiber optics lighting is not a revolutionary or new technology, in essence is only about carrying light, from one point to another by means of a lens, more or less flexible and long.

The problem is the air of mysticism surrounding the industry\*.

The result is a strange industry where it is difficult to know for sure the result of the system being installed and where disappointment, in part due to unfair hopes, is common.

The present work is a collection of the questions most often made by professionals during seminars, consulting, and projects over a quarter of a century. The questions are worded in a short straight-forward manner and answered based on objective scientific criteria, without publicity, trademarks, or personal preferences, in an effort to help the general understanding of these systems.

Oslo, May 1.999

\* Coupled with the speed of changes and the slippery nature of basic physics.



# ~~F I B E R S~~

## 1. What is a fiber optic?

Fiber optics are long lenses. A cylinder or rod of transparent material forming a core surrounded by an external cladding with a slightly different material. Light, when entering the fiber, rebounds on the outer cladding towards the core. This way the light advances through the fiber in bounds or steps, until it exits at the other end.

## 2. How many kinds of fibers are there?

In truth, there is only one fiber optic. The term "fiber optics" applies really to a branch of light physics dealing with the properties of certain materials that display a phenomenon called "total internal reflection", and not to an object. All optical elements such as lenses, prisms and rods use total internal reflection as a mechanism for light transportation. In the elements described as fiber optics light travels by virtue of this effect but it does so in a number of ways; monomode, multimode, step index, gradient index and so on. For lighting purposes or, to be more exact, to handle visible light, the standard type of fibers are the so-called multimode step index fibers. The use of the other types is confined exclusively to data or signal transmission.

## 3. What are fiber optics made off?

For lighting purposes or visible light spectrum transmission, several kinds of fibers are used. Glass in very fine strands that have to be bunched together in order to make a sizeable light carrier, PMMA, and polycarbonate in sizes from 0,25 to 3mm and solid core fibers made from special polymers in a Teflon sheath from 3mm to over one-inch thick. Other types of fibers such as liquid core, colored fibers, fluorescent, and scintillating are little used and for specialized applications.

## 4. Are there different qualities of fiber optics?

Definitely yes. The raw materials used in the manufacture of fibers may be similar in some instances but the process to make finished optics can vary greatly from one manufacturer to another. The greatest differences arise from the level of purity and refinement with which the raw materials are produced, the degree of impurities, contamination and the very technology of the process. Optical properties such as numerical aperture, attenuation and selective spectral absorption are widely different from one fiber to other. This means that some fibers may be suitable for one task and useless for others.

## 5. What is a light guide?

When a number of single fibers are grouped together to make a larger diameter light conductor the resulting structure is called a light guide. Sometimes large diameter solid core fibers are also termed light guide.

Light guides can come in many forms and finished, clad with a number of different polymers, articulated anaconda type flexible metal coverings, rigid tubes, heat shrink tubes, etc.

## 6. What are bare fibers?

The term is used mainly with PMMA fibers and refers to the optics that have no external protection sheath.

## 7. What are sheathed fibers?

The optics that have an external cladding whether opaque or transparent in order to afford a mechanical protection to the optics.

## 8. Is the sheath color important?

This is a particularly slippery subject and the cause of heated debate. Some scientists affirm that an opaque white or light colored cladding, especially in single core fibers improve, marginally, the transmission properties of the optics. Others say that this is nonsense. In any case, the difference if it exists, must surely be minimal.

## 9. What is a harness?

The term applied in the industry to describe a group of fibers or light guides, individually terminated and with a common end. Generally, each harness must have its own illuminator.

## 10. Do fibers have losses?

All things in the universe are inefficient. This means that when a measured amount of something enters a system, less comes out than originally went in. If you pour a liter of water into one end of a pipe, you will always get less than a liter out of the other end. If you apply a voltage to the extreme of one wire, no matter how you do it, you will get a lesser value at the other end.

Fiber optics are no exception, the light entering one end encounters all kinds of obstacles and flaws, resulting in losses; from 2 to 10% for every running meter.

## 11. Why do some fibers change the color of the light?

In fact, all fibers change the color of the light in one way or another. Due to the physical characteristics of the conductor some frequencies travel with less impediment than others and it is impossible to produce a fiber that would have the same attenuation on the whole of the visible spectrum. To expect a light conductor to transport millions of different wavelengths along with exactly the same attenuation in every one would be quite unreasonable.

Some fibers absorb a little more blue than red and less green than yellow and others just the opposite. Consequently, the hue and tone of the light varies from meter to meter, in some cases very apparently. This phenomenon is referred to as selective spectral absorption.

## 12. Is low attenuation a sign of good quality fiber?

Generally yes, but in lighting fiber optics the manufacturer's attenuation figures are frequently meaningless. (In order to be reasonable this is the only figure they can quote)

Attenuation is measured using a laser, a light emitting diode or a collimated light source. In all three cases the light used is monochromatic, meaning that only one wavelength or a very narrow set of wavelengths is used.

The figures issued by manufacturers, per example: 150dB/Km refer to that single wavelength and corresponding color which could be yellow or yellow/green. The same fiber may have an attenuation of 750dB/Km on the blue end of the spectrum and 400dB/Km on the red side.

To calculate the average attenuation for white light would involve firstly analyzing the light of the lamp in the illuminator to determine its composition that could vary enormously, even for two identical lamps. Then one would have to measure attenuation in all individual wavelengths taking into account the amount of each present on the lamp's emission. Finally, we would have to compute to obtain a result which would only hold true for that lamp/fiber combination.

To be honest a close average can be worked out with a few instruments but lamp deterioration due to aging, dust in the system and coloring of the common end due to solvent migration from the potting compounds, if used, soon make nonsense of averaged figures.

## 13. What are the advantages of glass fiber optics?

Glass fiber optics are very resilient and ideally suited for working in places where the actual conductor will be subject to extreme temperatures or/and radiation, are little affected by most solvents and oils and the spectral transmission is good.

## 14. And the disadvantages?

It must be borne in mind that the actual nature of the conductor, in lighting systems, represents only one of the elements responsible for system performance. Glass light guides are always sheathed in a polymer tube and the common end encapsulated with epoxy compounds.

The actual element in contact with the environment is the polymer tube. In fact, the characteristics of this element will, for all purposes, determine the resilience of the system. This little considered point makes nonsense of some critics of polymer fiber who complain of the plastic contents. The fact is that if we take a 2mm-polymer fiber and a glass fiber with the same optical diameter we will find out that the latter contains more plastic than the former. Naturally we are talking about a bare PMMA fiber, this is to say without cladding. PMMA fibers can be used bare, glass fibers cannot; must always be clad. At the common end, the epoxy compounds make up to 17% of the total optical area to receive the light from the lamp. It is a well known fact that these potting adhesives behave erratically in the presence of high temperatures and steep radiation gradients, such as the ones present at the screen or focus of the lamp in the generator, light source or illuminator. This epoxy tends to age very quickly, darken, absorb more radiation, heat up and contribute to the premature failure or deterioration of the system. On the other hand, glass fibers are very brittle. Studies show that vibration affects adversely glass fibers up to the point where shatter may occur. If the external sheath or tube becomes also hard and lose flexibility because of environmental factors then the light guide becomes extremely fragile.

## 15. What are the advantages of polymer fiber optics?

The spectral transmission of PMMA fibers is difficult to improve upon, the quality of the light transmitted over distances longer than four or five meters is considerably better than the standard glass fibers. Cost is another factor; polymer fibers have a lower cost per optical area unit than glass, in part due to the easier manufacturing process. High quality PMMA systems rely on a fusion process to construct the common end, hence dispensing with the use of epoxy potting compounds. In all instances where the use of many fibers or light points is prescribed polymer systems are a much better option. Another point to bear in mind is the weight factor: glass fibers are heavier than polymer, a fact that may be critical in some applications, such as automotive and aircraft uses.

## 16. And the disadvantages?

The ends of polymer fibers cannot operate with high temperatures. Light sources or illuminators are needed with a screen temperature lower than 60°C. Although some polymers can work with 100°C and over, the fact is that these constant high temperatures cause changes on the polymer chains, especially at the common end. This results in a hardening and blushing or blooming of the material, causing a deterioration of the system. The use of very powerful and hot illuminators with polymer fibers, in most cases is sheer madness. Although there is very little data on polymer aging, some manufacturers offer a 20-year guarantee on their systems, which is more than adequate in most instances.

Radius of curvature is a delicate matter with large diameter solid core fibers and has to be handled with great care in order not to alter the internal architecture of the fibers, which will result in losses. Bare or unsheathed fibers are very delicate and the external cladding becomes rapidly damaged due to abrasions and scratches.

## 17. Can I light a house with fiber optics?

A house can be lit with anything, from candles and gas lamps to fiber optics. There is the question, however, of the efficiency of the system. One should never forget that a light source, such as an electric lamp, delivers its maximum output hanging free in mid air, and that anything added, such as a coffer, a louver or an optical system of lenses or reflectors diminishes the performance.

Truth is that in most cases light issuing from a lamp in a spherical fashion is of little use because we want the light pointing towards a given direction, in order to perform a task. Nevertheless, it is also true that anything around or in front of a lamp restricts light to the general output of the system.

With fiber optics, this is no exception. The lamp enclosed in the illuminator would give a greater quantity of light if taken out and hung from a ceiling than pushing the light through fibers.

There is a common misconception amongst the public that if we have a 100 Lm lamp in one place and we run ten fibers to different rooms we would have a 100 Lm light in each room. This sounds very much like the parable of the bread and the fishes and clashes with the laws of thermodynamics, as we know them.

If you have a 100 Lm lamp in a box and run ten fibers out, the total combined output of the fibers will always be considerably less than 100 Lm, now and in the future.

## 18. Are fiber optics efficient as a means to transport light?

The straight answer is no. If we take any other means of light re-direction or distribution we will find out that are far more efficient.

## 19. What can justify the use of fiber optics?

In the great majority of tasks, using traditional means, the amount of light used is far in excess to the quantity really needed. Most light goes to illuminate areas that do not need light at all.

With fiber optics, we can distribute minute quantities of light exactly where needed, an impossible feat with conventional lighting because light sources are too large.

The distinct possibilities to put the lamp within easy reach whilst the light is distributed in zones with difficult access is another advantage of fiber optics. The main reasons for the use of fiber optics in lighting are safety, control, miniaturization, cost and ease of maintenance.

## 20. Are fibers safe?

Fiber optics are passive elements, therefore do not use power to generate light, as is the case with lamps. As light conductors only carry light from one point to another, never electricity.

Fiber optics can be put under, or in direct contact with water, can be cut, handled, broken or hammered and can never be anything but totally safe lighting conductors, with the exception of power conversion.

Because standard lighting fiber optics have a very restricted transmission window most radiation which could be harmful to beings or things is not transmitted. In fact the amount of infrared and ultraviolet issuing from a fiber optic is, in most instances, negligible.

The use of fiber optics in the lighting of museum pieces or radiation sensitive material is one of the main applications of these light conductors.

There is, however, the phenomenon of power to light conversion on the extremes of the fibers: a very high temperature may be present, with the use of high powered illuminators, very close to the tip. If a light guide is cut, abraded or damaged in anyway along its length a very hot spot may ensue which can destroy the fiber and the surrounds. When using systems with high power densities additional precautions should be observed to maintain safety in the system.

## 21. Who makes fiber optics?

Glass manufacturers mainly make Glass fibers. Chemical companies fabricate PMMA fibers. Companies, both public and private, manufacture other types of fiber optics, especially solid core polymer and generally with their own proprietary process.

## 22. How are fiber optics made?

The actual process varies considerably from one manufacturer to another. In essence, a large cylinder of core is made off high purity material, an element called preform. The preform is later heated or treated and drawn into a filament, which is then coated with the external layer with a different refractive index.

Other systems include co-extrusion, continuous casting, direct co-polymerization, injection, wet drawing and soft extrusion with mercury formers.

These later techniques, and others under research, try to attain a better alignment of polymer chains in order to improve transmission and reduce attenuation. In fact, the fiber stretching and tensioning after drawing to promote molecular alignment is one of the industry secrets.

## 23. Are optical fibers fragile?

Glass fibers are very brittle, in fact in any glass light guide there is a percentage of fibers broken during the manufacturing process, on the other hand, because these light guides are sheathed, once installed are very resistant to external influences.

Bare PMMA fibers are extremely delicate during manufacture and manipulation, requiring great handling care. Once sheathed are practically impervious to external damage.

Other solid core fibers are very tough because of an external Teflon cladding and can be installed without any problem. The only drawback with this type of optics is the hardening with age, which makes these conductors brittle and prone to shatter.

## 24. Can fibers be bent at right angles?

No. All fibers must be bent with a radius, which will not alter the internal architecture of the fiber. For every type and size of fiber, there is a minimum radius of curvature, specified and recommended by the manufacturer. Bending fiber optics at right angles will cause the conductor to shatter in the case of glass, and be permanently damaged in all other types

## 25. Can lighting fiber optics be spliced or joined?

All fibers can be spliced with more or less success and difficulty. The problem is the losses resulting from such a joint.

Fiber splicing is a common practice in the telecommunications industry where is done with sophisticated alignment apparatus and a considerable dose of skill.

Nowadays there are splicing systems for polymer light guides using special fittings and a refraction index equalizing gel capable of low price splices with minimal losses. In glass fibers where one would have to individually splice hundreds or even thousands of single fibers, splicing is not resolved yet.

Solid core fibers can be joined with greater ease but the losses are massive; up to 25% of the available light.

## 26. Will light go any length along a fiber?

All conductors have losses, and in the case of fiber optics, these are sizeable.

Light losses in the industry average 2 to 5% per meter or over. If we start with, say 100 units of light at the common end we will lose 25% at the end of five meters and over 40% after ten. In fact, most systems have losses greater than 50% over a ten-meter length.

### 27. How many sizes are there of lighting fiber optics?

Literally hundreds, from a few microns to over an inch in diameter, solid core and multicore, square shaped, ribbons, tapes and sheet.

### 28. Can you put any amount of light into a fiber optic?

This is one of the standard fallacies of the industry. The system needed to put a sizeable amount of light into a fiber optic is very simple; a lamp, perhaps a lens and something to hold the fiber pointing at the light source. It follows that the bigger and more powerful the lamp the greater amount of light it will issue and the more light that will get into the fiber; at least this is the argument that most people think logical.

The problem is that optics is a subject far from simple. An optical fiber will accept a measure of light and no more, regardless of the power of the lamp: if a light source puts ten units of light through a fiber, another light source, twice as bright will not put double the light into the fiber.

There is one thing called power density acceptance which marks the limit to how much energy can circulate through a system, no matter how much more energy you try to force into it. A copper wire of a given thickness will be happy with five amps, get warm with ten, heat up with twenty and melt with forty.

### 29. Do fiber optics transmit radiation?

Light is a radiation; therefore, the answer is yes. Some fibers, depending on the nature of the materials from which they are made, transmit one band of radiation more or less wide or restricted.

Generally, the fibers used for lighting transmit little or no ultraviolet, a very small amount of infrared and variable quantities of the visible light frequencies.

Heat is a radiation on the infrared region and does not transmit well on standard lighting fibers. To put an example; the amount of heat that will build up inside a case with a volume of one cubic meter of air, is only one degree in 24 hours, from a 5mm diameter PMMA light guide powered by a 150W metal halide illuminator.

### 30. Glass or polymer?

There is not an easy answer because it will always depend on the final use and working conditions of the system.

Generally speaking glass fibers are better suited for those environments where high temperatures are constant and for data transmission. Glass fibers are very thin conductors only a few microns in diameter, therefore in order to construct a sizeable light conductor, hundreds or even thousands have to be bunched and sheathed together.

Bending radii are small and the performance is acceptable although glass fibers with comparable spectral characteristics to PMMA are considerably more expensive.

In essence both, glass and polymer systems have advantages and drawbacks, to be individually assessed in view of the actual application and working conditions. In recent times, however, there seems to be a general trend to abandon glass fiber optics in lighting applications in favor of PMMA.

### **31. Can fibers be made any size?**

Theoretically, yes. There are, however, physical constraints because of the materials and utility. Very large fibers have proportional bending radii and are not very economical to produce. Under the all encompassing classification of Remote Source Lighting, tubes made from special polymers and behaving like fiber optics are currently being manufactured, capable of being formed into light conductors over a foot in diameter.

### **32. How long will fiber optics last?**

In the case of glass practically indefinitely due to the inert characteristics of the material. This refers to the actual fiber, and not to the polymer cladding. Also the common ends being an encapsulation of epoxy's will behave less predictably and perform erratically, depending of many factors, such as temperature of operation and level of radiation exposure.

As far as polymer systems are concerned 20 years for the conductors is the standard guarantee in the industry. This also refers to the actual fiber, without reference to the common end whose average life depends on the same factors outlined before.

### **33. Can several fibers give the same amount of light?**

No. If a number of fibers or light guides are coupled to the same illuminator, it is physically impossible that each receives the same amount of light and therefore transmit it. The spot or tack formed by a reflector lamp at the focus point or screen is not completely homogeneous, this is to say that it does not have the same quantity of light in each point of its surface. This problem is sometimes minimized by mixing the fibers at the common end (a process termed "randomizing") but it can never be made totally even.

### **34. What are side-emitting fibers?**

There are no side-emitting fibers. All fiber optics receive the light at one end and transport it to the other. When light enters a fiber and travels through the core it encounters multitude of obstacles: microscopic cracks and fissures, impurities and other elements which obstruct the passage of some light and which, in turn, escapes through the outer cladding.

All fibers lose some light though the cladding because there are no perfect systems. This unavoidable effect is used to produce elements termed "side emitting fibers" which, in fact are normal fiber optics with a clear protective external cladding which permit to view the escaping light. In fact, some manufacturers induce stresses on the fibers, by means of torsion or bending to bruise the fibers and cause more light to escape along the way.

Some glass fibers are made side emitting, by the expedient method of cladding a bunch into a clear tube and breaking them at intervals. Clearly there comes a point along the tube when there are no more unbroken fibers to continue the process.

### **35. Are there different types of side emitting fibers?**

Nowadays several types of side emitting fibers are marketed. The most common are:  
Solid core optics  
Multistranded optics  
Multistranded roped/coiled and woven/knitted optics.

### **36. What are solid core fibers?**

These optics are cylinders made of diverse polymers and encased on a transparent sheath or tube. As a standard are manufactured in different gauges or calibers from 3 to 25 or more millimeters in diameter.

### **37. What are multistranded optics?**

Multistranded optics are narrow walled tubes of transparent material, housing a number of smaller solid core fibers. The inner fibers are, generally 0,75mm in diameter and numbered from ten or less to several hundred, depending on the final use and diameter of the optic.

### **38. What are coiled roped and woven/knitted optics?**

Simply braided or woven ropes manufactured with thin solid core fiber optics, instead of hemp or nylon. Because of the strain produced on the individual fibers by means of the torsion, coiling or knitting, the fibers have greater losses along the length. This means that more light is available for side viewing purposes.

### **39. Solid core or multicore?**

That will depend on the use to which the optic is put and the actual installation conditions. Solid core optics have generally, a larger bending radius to avoid important losses. Furthermore, because of the transparent quality of the core, unless the contrast with the background is adequate the appearance is that of inferior luminance.

Multicore optics, on the other hand, have a more flexible construction, especially in large diameters. Because of the reduced transparency of the optic, the luminance appears greater.

Solid core fibers can operate in some types with higher screen temperatures and can be connected (at least in theory) to generators that are more powerful without damage to the core. It must be said, however, that the long-term effects, especially those related to the power density of the systems, are as yet undetermined.

#### 40. Can side emitting optics be as bright or brighter than neon?

Fiber optics can be made to be brighter than neon but only for very short distances. We can think of a garden hose as an example: making tiny holes along the hose can cause a sizeable amount of water gushing out of the holes nearer the tap, and for a distance that will depend on the size of the holes. If we make the holes larger a greater amount of water will issue, but only for a shorter distance until it only trickles. There is a limit to the quantity of water that can be made to pass through a hose, a limit given by the material of the pipe and the viscosity of water. We simply cannot increase pressure infinitely. The limit on the quantity of light traveling through a fiber optic is also imposed by physics: the actual material of which the optic is made and the intrinsic qualities of light. There is a power density limit to each material. In some systems, especially with late generation purpose made metal halide illuminators, luminance values greater or equal to that of neon may be obtained for lengths up to few meters. The sizeable cost of these systems when compared to neon makes the proposal impractical in most cases.

#### 41. With all the limitations, what are the uses of side emitting optics?

There is a common misconception about the quantity of light needed for a given task: more light is not necessarily better, and often is worse than the right amount with the correct characteristics. In many instances, small quantities of light to demarcate, decorate or accent are much better than a glaring neon-like line. A good example that comes to mind is the uses in theatres, cinemas and public buildings to line out corridors, aisles and emergency exits: in these instances the brightness of neon would simply not be acceptable. Coupled with the beauty of color change capabilities side emitting optics are a valuable tool in the hands of the designer for outlining buildings, both externally and internally, pools, spas, cornices, gardens, and all kinds of architectural details. Another point not to be forgotten is the total safety of fiber optics. There is no electricity in them. This means that in all those instances where high voltage neon simply cannot be contemplated because of danger, maintenance or fragility; side-emitting fibers can be the only sensible alternative.

#### 42. What are the design constraints to side emitting optics?

The actual illuminance of side emitting optics is low, although the luminance is quite acceptable in most cases. This means that if the contrast values are correctly applied the visibility of the optics can be excellent. The actual quantity of ambient illuminance, the colors of backgrounds, distance and line of vision are parameters to be carefully balanced, in order to obtain the best results.

#### **43. Could the light along a side emitting optic be totally homogeneous?**

Despite the assurances of some manufacturers, this is a total impossibility because it would clash with the laws of physics, as we know them.

In order for an optic to display the same illuminance along a given length, it would have to be perfect: with no losses.

As soon as light is produced by an emitter starts to decay, in a similar fashion that a bullet starts to lose speed from the moment it issues from the muzzle of a gun.

The light is not the same inch by inch in an optic as it leaves the optical port of the illuminator: the farthest from the light source, less light, due to the attenuation of the optic.

#### **44. Will we always see a difference in brightness along an optic?**

Not necessarily so. The human vision system appreciates illuminance grades in a logarithmic fashion and if the transition was smooth would be very difficult to actually notice the difference.

If we observe an optic of, say 30 meters, from one end to the other along the optic it would not matter in which end is situated the illuminator: we would see the optic homogeneously lit, although we know that it is not possible. If we were to look at the same optic sideways, from some distance, then we would notice the difference in luminance, because we could compare both ends.

The judicious use of illuminators, daisy chaining the optics, restricting the length of the fibers to that recommended by manufacturers, the control of the contrast and the angle of vision, are the tools needed for a successful installation.

#### **45. Can light be made to move or chase along a side emitting optic?**

With roped or braided multicore fiber and a special process at the common end optics can be made to chase in both directions and display multiple colors at the same time.

#### **46. Are the side-emitting fibers with reflecting core more luminous?**

To answer this question honestly is very much like trying to determine the sex of the angels.

If a side emitting light guide has a center reflecting core it would appear that it would issue more light omnidirectionally, this is to say: if the light guide was suspended in mid-air and viewed from any angle.

The problem with that argument is that those optics are, normally attached to a support and viewed from fixed angles. The opaque centerpiece, in this case, would impede the passage of light from behind the core and hence the optic would have less light available to the viewer.

Side-emitting light guides are sheathed in a transparent cover and the viewer, by transparency, has the benefit of the light escaping not only from the individual fibers placed directly in front of his line of vision but also from the ones behind.

If we take a glass tube filled with a colored liquid and light it up from one end, we could view the whole of the mass as a lit-up cylinder. If we then place a concentric opaque core, from a given direction we would have less vision of the cylinder mass. The same would hold true with any transparent cylinder.

To prove this argument is a practical impossibility since it would require two optics, with and without core of the same size and optical properties, placed exactly on the same spot in an illuminator. In my opinion, no matter the patents, the so-called center reflecting cores do not add more light to a guide and probably rests light to the viewer and the system as a whole.

#### 47. Is there any way to improve side-emitting viewing?

A side emitting light guide is viewed optimally when the contrast between the optic and background is maximized. If the light guide is placed on a white track or against a tight opaque white back the light is more apparent.

This does not mean that the optic issues more light, only that the illuminance falling on the background improves the overall luminance of the optic.

# I L L U M I N A T O R S

## 48. What is an illuminator?

An illuminator, light source or generator is a box with a lamp inside, pointing towards an opening where fiber optics are secured. Naturally, this is an over-simplification, although in reality a large number of the illuminators available in the industry are little more than this.

## 49. What makes a good illuminator?

Illuminators must perform three separate tasks with a degree of efficiency. Firstly must house a lamp and its power source, transformer, ballast, igniter and wiring in a correct and safe manner. Secondly, it must focus the light of the lamp in the most efficient way to ensure an adequate performance. Thirdly, it must create a suitable environment to guarantee the long life of the common end, this being the union with the fiber optics. With this last task in mind, an illuminator must be designed to minimize the thermal load on the screen by all possible means, filters, forced ventilation, air ducting and deflectors.

## 50. Is bigger better?

It is somehow surprising that manufacturers place great emphasis in the power consumption, stating that a machine is 50, 100 or 400 Watts, when in reality this has little bearing on the overall performance of the illuminator.

In the lighting industry, the performance of a lamp is measured in a number of ways, depending on the comparison standards. The accepted data regarding a lamp's virtues are, usually, efficiency and light output, although the single most important element is the burner size.

Efficiency, determined in Lm/W, states the amount of light that a lamp produces for each unit of energy used. Is very low on incandescent lamps, where most of the energy is transformed in heat and very high in fluorescent and some types of discharge lamps, such as low-pressure sodium. Unfortunately, neither of these last lamps can be used sensibly with fiber optics.

The amount of light that a lamp makes is a useful piece of information when we try to light up a warehouse or an office table but useless when used to project and concentrate light on a given point. In this case the screen of the illuminator or the fiber common end.

The actual quantity and directionality of light reaching the screen, having little to do with the power consumption of the machine, is the only measure of performance in an illuminator.

Many lamps, specially the latest arrivals, have much improved light outputs, better beam control and precision. Paradoxically a last generation 50W-halogen lamp with a dichroic reflector puts more light into a fiber than a 75W lamp with a similar construction and outdated technology.

### **51. How many types of illuminators are there?**

Since there are no standards in the industry, the term "type" is slightly confusing. With regards to power usage, the lamp illuminators vary from as little as 5W to as much as a 1.000W and more. As far as the type of lamp, illuminators are divided into two families: those using incandescent lamps, generally halogen, and the ones equipped with gas discharge lamps. Illuminators can also be typed by use. Some are mainly used for lighting and others to produce effects such as animations, color change or twinkles and sparkles.

### **52. Halogen or gas discharge?**

Again, it will depend on the use of the system. Gas discharge lamps, especially those with a very small plasma area are ideally suited for use with optical systems such as lenses or reflectors. Consequently, the quantity of light aimed in the right direction can be far superior to that of a halogen lamp. Lumen output of these lamps is, usually greater than their incandescent counterparts. Conventional means cannot be used to regulate the output of gas discharge lamps. This means that if regulation is required mechanical irises or complex high frequency oscillators have to be used. Halogen lamps are smaller, less costly, and need simpler power supplies but give less overall light. For lighting and side light applications, gas discharge is used universally, reserving the less powerful halogen light sources for effects and decoration. It must be said, however, that if the correct halogen lamp, with the right projection angle is used, excellent results can be obtained with small diameter harnesses.

### **53. Must all illuminators have forced ventilation?**

Generally yes, the exception being those with a massive construction, which dissipate heat by radiation or transfer.

### **54. How noisy is an illuminator?**

Very noisy, slightly so or totally silent, depending on the power source and the construction. Heat dissipation is something that has to be done by one of two means: radiation or ventilation. If radiation is the method chosen then the housing must have the mass and surface to ensure dissipation of the heat. In ventilated systems, the air is the agent for cooling and must be evacuated and renewed. The problem is that some light sources are so hot that would need an oversized housing to dissipate all the heat build up, clearly not a very practical solution. Silent illuminators use normally small halogen or gas discharge lamps, devoid of mechanical ventilation and relying on radiation to cool the housing and dissipate the heat. Generally, works well only if placed outdoors or in a volume where the ambient temperature is considerable lower than that of the housing. Forced air draught is used in most power illuminators and the noise can range from 20 or so dB to 70 or 80dB. Taking into account that noise in a forced air system is relative to duct size and air speed, in addition to ventilator speed, mounting, vibration and other related aspects is easy to suspect that design can vary the amount of noise that a illuminator produces. This can be brought down to a minimum that can only be further reduced by damping with noise suppression material.

### 55. Are certifications important?

That will depend on the type of certificate, what is certified and by who is granted. Many certifications refer to the inherent safety of a product, with regards to accidental electrical shock. In fact some certifications attest to the fact that the contraption will not kill you, but say nothing, or very little, as far as the performance of the product. The certificate on a washing machine says nothing to the effect that the thing will wash clothes; only that is unlikely that you will get an electrical shock.

Some other certifications refer to the performance, but unfortunately, these are not compulsory. In the fiber optics industry even these certificates are, very often meaningless because there is little or no control on the interface between illuminator and fiber. A laboratory report will say that a illuminator delivers so many screen lumens but cannot say how many will get into the fiber, because that will depend on a number of factors totally outside their scope.

### 56. Are machines with the CE mark certified?

The CE mark was a good idea in its inception but it has been so much abused that has become practically meaningless for the end user.

CE is not a certification or a quality mark, moreover is not granted by any official body or controlled in any way, distributors or end users have no right whatsoever to demand a CE certificate from the manufacturer, even if his products bear the stamp.

CE is a declaration from the manufacturer stating that the object complies with CE directives and regulations. Really is the equivalent to taking the words of a used car salesman as Gospel truth.

The market is awash with shoddy products of uncertain origin and parentage bearing the CE mark, products that, obviously, do not conform to any regulation whatsoever.

In a resume: the CE mark does not attest or imply any quality or fitness for use of the object bearing the stamp. It only says that the manufacturer declares that his product is built in accordance with the community directives, under his own responsibility and without effective control by an official body.

### 57. How then do I recognize a product's quality?

There are a number of ways. The name and status of the company making the product is important and its geographical location. Some countries are famous for making good quality products and others just the opposite.

The stamp of approval of an internationally recognized testing organization is a sure way of knowing that the product has been tested and found built to very high standards. Generally, such institutes or laboratories have follow-up programs that control the manufacturing and quality processes of the manufacturer.

It can be said, with a level of certainty, that a machine bearing one or several such stamps has a traceable pedigree and is well made.

## **58. What about ISO 9000?**

Again there seems to be confusion about the ISO 9000 series of certifications. The ISO in essence is not a guarantee of good quality and is not given to an object but to a company.

ISO 9000 is, in lay terms, a system that removes anarchy from management or production, making sure that things are made always the same and with the same quality, which is not a mean feat.

It does not guarantee that the products are good but with a constant in quality. If a manufacturer makes a good gizmo or widget, the ISO 9000 certificate guarantee that it will always be good. For the same token if someone makes a bad product the ISO will ensure that is always bad. A combination of ISO 9000 and laboratory certificates on a product is the surest way to ascertain that an object, an illuminator in this case, is good and will remain so.

## **59. How does a color change works?**

It consists generally of a small, geared motor with a disc. This can be made of glass, glass segments or a polymer material in a number of colors.

The motor causes the disc to revolve in from of the common end, altering the color of the issuing light. Lower priced systems use colored films or glass whilst most others make use of dichroic filters.

In animation illuminators instead of a disc, there is a turning drum of glass or polycarbonate with color films or varnishes applied in special patterns to create movement and rapid color changes.

## **60. What is a dichroic filter?**

A thin flat piece of glass with a metal deposition in one of the surfaces applied in a high vacuum environment. The metal layer, only a few atoms thick causes interference in the incoming light, letting some frequencies pass whilst stopping others.

This frequency separation has the effect of producing very saturated and vibrant colors.

Depending on the deposition type, all visible light can be allowed to pass through, whilst stopping infrared or ultraviolet radiation. In fact, there is a dichroic or interference filter to separate practically all frequencies in the spectrum.

## **61. Are heat fuses necessary?**

The working temperature range of the fiber optics common end is critical if the performance of the system is to be maintained and the life guaranteed. A heat fuse of thermostat must be installed in such a way as to disconnect the illuminator should there be a heat build up.

Heat can accumulate rapidly for a number of reasons: a failed fan, obstructions on the air passages or poor ventilation. A 50°C thermostat should be the most adequate.

It must be borne in mind that the ambience temperature in which illuminators must operate seldom allow more than 25°C, a very low temperature to maintain in most instances.

## 62. Can multiple illuminators change colors simultaneously?

Yes. Generally the standard disc rotating motors are of the synchronous type, very reliable, and geared to the most adequate speed. The problem is that, although individually these motors work fine, is difficult to make two or more act in perfect synchronization with each other without additional mechanical or electronic gear.

A simple micro switch and an adequate wiring can make any number of synchronous motors operate at the same time in perfect step.

Some manufacturers offer a variable speed synchronizer to control their illuminators with special motors, zero settings and electronic control gear.

## 63. Can illuminators be computer controlled?

Practically everything can be computer controlled and illuminators are not an exception. Color discs, lamp voltage and mechanical shutters, in the case of gas discharge lamps, can be programmed and controlled with a computer.

This is normally offered as an option on most illuminators, using step motors and DMX control.

## 64. What is DMX?

A communications protocol between an electronic circuit and step motors and actuators. A kind of language between elements so that different manufacturers can use compatible components which will work happily understanding the same data.



### **65. What are end terminations?**

Again, we find ourselves in an area where a lot of confusion and controversy are the order of the day. Some American institutions have tried to set standards as to the correct terminology to be applied in fiber optics specification. The problem is that not every manufacturer is American and was not asked their opinion in the matter, hence many people use different names referring to the same part or component.

With Illuminators happens the same as with ends, one can see reflected in manufacturer's literature names such as: light engine, light source, generator, etc. All refers to the same box with lamp inside.

End terminations suffer the same fate: single end, fiber end, single termination, emitting end, tip, end, final, common end, bundle head, head, end ferrule, etc.

In order to set a common ground we will use the term single end and common end.

Terminations therefore are the extremes of a single fiber or a group of fibers.

### **66. What are single ends?**

The extreme of the fiber optics conductor farthest from the illuminator. The bit that emits light or the end that lights up.

### **67. Are there many types of single ends?**

Single ends can be anything from a simple cut with snips or a cutter to a sophisticated polished encapsulation. The actual technique used depends not only on the type of fiber but also on the application of the system.

### **68. Is the fiber end important?**

As far as the actual light output the fiber termination has little influence on the overall light output. It is however, very important, when at the single end will be fixed some lens system. Imperfections, scratches, dig and fractures at the single end termination will show as darker patches on the resulting beam.

The mechanical connection between the single end and the finishing piece, being a board or housing is also dependent on the actual finish and precision of the single end. Ferrules, machined pieces and connectors have to be scrupulously free of adhesives and with even diameters, to ensure a precise fitting.

### 69. How are glass fibers ended?

Glass fibers are, generally potted or encapsulated at the single end with the help of an epoxy adhesive or compound. This results on a very hard element of fibers and adhesive that, when hardened, is suitable for cutting flush and polishing or buffing.

This encapsulation is generally enclosed on a hollow brass tube, rivet or machined piece, which then serves as a fixing, or positioning aid.

Glass fibers permit some sophisticated single end termination to support extreme temperatures or working conditions. Special potting adhesives can be used and ends processed to an operating temperature of 400°C, indicated for oven and burner sensors and controls. In these instances, special thermal bridges have to be built into the fiber to protect the conductor.

Other terminations can be in the shape of wafers, rings, blocks or lines for machine vision, instrument lighting, microscopy and other highly specialized lighting applications.

### 70. How are polymer fibers terminated?

PMMA fiber single ends can be of several types always depending on the nature of the conductor and the final application. A Simply cut fiber with cutters or snips is a standard for decorative, display and sign uses. The same type of encapsulation as for glass fibers can be used with multiple single conductors and for the same applications with the exception of high temperature work.

For most decorative and lighting uses PMMA fibers are considerably more user friendly than glass fibers. Very simple tools and little skill are, in most instances, sufficient to produce stunning results on site, without having to result to factory custom made and cut components which results in dramatic cost reductions.

PMMA fibers can also be polished to a mirror finish with buffing compounds and machines without encapsulation for single fibers. Common ends must always be fused together, without using adhesives. Some fiber manufacturers specifically render their guarantee void if adhesives of any kind are used at the common end. Fusion produces a solid block , which can the be polished to a very high optical finish.

### 71. How are solid core fibers terminated?

The very architecture of solid core fibers makes the precise termination a difficult operation, although it must be said that in most applications a precise end is academic.

Solid core fibers are considerably softer than PMMA or glass and hardness is a pre-condition for precise polishing. Additionally if an attempt is made to polishing, the compounds, (whether Cerium based or otherwise) are always in a wax or grease medium and seep in between the Teflon coating and the core, ruining the optic. Standard finishing techniques for the single ends dispense with polishing and resolve to cutting with special tools where the quality and sharpness of the blade determines the accuracy of the cut. Further polishing can be accomplished with thermal treatment but only in factory installations.

Research is under way to polish solid core fibers using very low temperatures or else with water jets and laser cutters with uncertain degree of success.

## 72. How are coiled, twisted or roped fibers terminated?

In general terms the same techniques as with PMMA apply, since these optics are no more than 0,75mm diameter PMMA fibers bunched together.

In the case of coiled optics the sheath and the internal core (if existing) has to be removed because of the different nature, melting point and physic characteristics with respect to the fibers.

Wherever possible both extremes of a sidelight light guide should be fused and glass polished.

## 73. What is a common end?

The fiber or fibers have to be connected to the illuminator. Especially in the case of a number of fibers, these have to be bunched together and held securely. The common end is the grouping, fusion or encapsulation where all of the fibers from a bundle come together and are cut flush and even, polished or prepared to connect to the illuminator port.

## 74. Is the common end important?

Although manufacturers place more attention on fibers and illuminators the common end is a vital piece for the correct operation of an optical fiber system.

A properly engineered common end must pack the fibers tightly without adhesives and be suitable for fine polishing.

Most failures on fiber optics are due to a bad common end design and construction.

The use of potting adhesives is the single cause most commonly found in harness failure, both in glass and PMMA systems and should be avoided at all costs since it only reduces the overall life expectancy of the system.

## 75. What makes a good common end?

The capacity to hold the fibers even and flush, lack of adhesives, optical polish and absence of packing losses.

## 76. How many types of common end are there?

Basically two: adhesive encapsulated and state of the art fused, although some manufactures dispense with both and simply fasten the fibers to the illuminator by means of a pressure gland.

## 77. What is a randomized common end?

When several light guides are bundled together into a single common end it becomes a physical impossibility to attain the same level of light in each light guide because the lamp emission is not totally even on the screen plane. In order to minimize the differences individual fibers are mixed or "randomized" so that each light guide gathers its light from different geometrical points within the screen. Light issuing from individual ends in a randomized system is considerably more even but not perfectly so.

In polymer fiber systems state of the art optical randomizers can achieve greater evenness with little loss.

### **78. What are end fittings?**

Practically the only part of a fiber optic system that the public ever sees. End fittings are the elements for fixing, aiming, supporting and finishing the fiber ends.

### **79. How many types of end fittings are there?**

Literally thousands for every thought or dreamed up application. From small bullet lenses to very large pavers, floor and pool lights. From simple rings and bezels to complex optical trains with several lenses, besides hundreds of custom designed elements for specific applications and uses.

### **80. Fittings or fixtures?**

In the industry, these terms are used indistinctly and often together. Some manufacturers describe fittings as the fixing elements, such as connectors, ferrules, machined ends, tubular rivets and bezel rings, reserving the term fixtures for large elements, swivel rings, pool luminaries and the like. Other manufacturers use the term fitting to describe anything at the end of the fibers.

### **81. Who manufactures end fittings?**

Every system manufacturer produces a range of end fittings designed to be used with their own fiber system.

### **82. Are end fittings standard?**

As a whole no. Each system manufacturer favors a kind of termination for his fibers with pressure glands, threads, rivets or machined pieces as connectors for his own fittings. Due to the absolute lack of standards in the industry, it becomes impossible to use one manufacturer's fittings with the fibers of other.

### **83. What is an optical port?**

In the fiber optics industry, optical port is the element that physically makes the connection or interface between the illuminator and the harness. In its simplest form, an optical port is made of male and female tubes fitting one inside the other with a retaining screw or other fastener. More sophisticated optical ports include filter holders and various devices to adjust, conform and cool the common end.

### **84. Are there different types of optical ports?**

Optical ports can be divided in two types: potting and pressure. Potting optical ports are little more than a hollow tube into which the fibers are introduced and encapsulated with some adhesive, making a block to be later polished.

Pressure optical ports are more sophisticated and include seals to grip tightly, by means of a tool, the harness of fibers.

Glass fibers are always prepared in potting optical ports whilst solid core fibers use pressure optical ports. PMMA fibers can have the common end in either.

**85. Who manufactures optical ports?**

All system integrator produce a particular type of optical port to connect to their choice of illuminator.

**86. Are optical ports compatible?**

In general no. Illuminator manufacturers use a particular type of optical port to effect the connection with the common end. As a whole, the harness made by a given manufacturer will not fit into the illuminator made by another without retooling.

**87. What is a fiber optics system?**

The term comprises all the necessary elements to install a working unit.



**88. What is a fiber optics systems integrator?**

A fiber optics system integrator purchases the bulk fibers from a fiber optics manufacturer, and endeavor to manipulate, cut, polish, assemble, pack, produce and market a final product.

**89. What is the difference between a fiber optics manufacturer and a fiber optics system manufacturer?**

This is a question that would sound silly in other industries but not in this one. Many firms hint, or even affirm in their brochures and catalogues to be fiber optics manufacturers when this is simply not true. A Company that manufactures fiber optics is the one that transforms polymers, monomers or glass raw materials into rods and filaments, cladding those with other elements to, finally create bulk fiber optics.

One can readily see the difference between a glass manufacturer, a glass merchant and a window manufacturer. The first takes sand and melts it into glass the second stores and trades with glass and the third incorporates glass into his final product: a window.

If one looks at the giant chemical and glass corporations it's a fair bet that they are fiber optics manufacturers.

On the other hand, most fiber optics companies are System Integrators. This is to say that they do not make fibers, just like the window producer does not make glass.

**90. Who are the best fiber optics manufacturers?**

To single out a company would be grossly unfair because in this business the players are, generally, respected industrial corporations with impeccable quality reputations.

State of the art fiber optics cannot be made in a garage shed and huge investments have to be made in plant, equipment and human resources to produce optics of any kind.

The overall quality of fibers in the market is exceptionally high and it must be said that the failures and disasters that may have happened have had nothing to do with the quality of the fibers but with the handling and application of systems.

### 91. Who are the best systems integrators?

Being quite the opposite to fiber optics manufacturers, system producers are usually small companies. In this case size has the opposite effect on the final product because fiber optics system design require an inordinate amount of ingenuity, talent and technical expertise even for tiny projects. The fast responses, instant drawings, quotations and studies normally demanded are very hard to produce in a corporate environment.

Naturally, this means that some system integrators are little more than a one-man band and some operations are run on a shoestring with more enthusiasm than resources.

On the other hand many system integrators have very little know-how and soon get into trouble with the laws of physics.

Product certification, documentation, information and references are the easiest way to ascertain the professional reputation of a manufactures

In this industry when detailed and precise technical information is not forthcoming and things are shrouded in a veil of secrecy, it usually means that for the manufacturer the thing is also a mystery.

### 92. How many parts does a fiber optics system have?

Depending on the final use the most common parts to account for in a basic system are: illuminator, fiber bundle, bushing and end fittings. Additional fittings, fixtures, controlling units and power sources may be used harness, optical port.

### 93. Are fiber optics systems expensive?

To determine whether a system is expensive one would have to establish a comparison with an alternative, which in most cases does not exist.

To compare fiber optics with a standard off the shelf light fitting, lamp or system is an unfair rule of thumb because fiber optics are unique.

Fiber optics systems can carry minute or large amounts of light to, practically any place with precision, without heat or electricity and with the light source far away.

If the fiber optics system is to be used in applications where the above values were of no consequence then one would have to say that there is no need for it.

Fiber optics are not the universal solution to all lighting problems but a tool or a technique to be used in circumstances where other systems would be at a disadvantage or even totally inadequate.

If one compares a one point of conventional light fixture with a one-point fiber optics system then the price difference would weigh heavily in favor of the standard fixture. If we compare several fixtures and one fiber optics system with several light guides and one illuminator, taking into account the maintenance advantages and power savings, then one would have to concede that fiber optics are cheap.

#### **94. Will fiber optics systems be cheaper in the future?**

Lighting fiber optics is not a mass-market product and perhaps will never be. Even today most systems are, at least in part, hand crafted or produced in small batches of a few hundred units at most. Very few items are made in the thousands, with the exception of injected parts, which have a very low unit cost.

From a manufacturing point of view short series are very expensive to produce, since the cost advantages of bulk purchase and manufacturing are missing.

Fiber optics groups or harnesses could easily be mass-produced with very important savings, which would reduce unit costs drastically. The problem is that very seldom, harnesses are of the same size or have the same fiber composition. Consequently, they have to be hand tailored, practically one by one, which results on very high production costs.

Another reason for the high unit costs of systems is the technical backup that system manufacturers have to provide. Nearly all of the installations have to be individually assessed, studied and estimated in house, because of the lack of widespread technical expertise elsewhere. This means that expensive technical departments have to be kept in order to provide know-how on a daily basis.

#### **95. Are fiber optics systems difficult to install?**

Again, it becomes important to establish a fair comparison with other elements, in this case ordinary light fixtures.

Fiber optics systems, as a whole, are easier to install than electrical fittings.

Sometimes displays, panels, ceilings, effects or projects are made involving thousands or even hundreds of thousands of single optical fiber ends which, to be fair, are a challenge to install.

The problem in these cases is of sheer numbers, size and complexity. In any case to install a point of fiber optics is considerably easier than to install an electrical point.

#### **96. What is a starry sky?**

Probably one of the most beautiful lighting effects that can be created, which can be very simple or quite sophisticated.

In its simplest form, a starry sky effect is made with a number of small diameter fibers coupled to a large solid core, which delivers the light from the illuminator. This creates a number of static points of the same diameter, which can be quite effective if a little flat.

More elaborate systems use several fiber caliber's, from 0,25mm to 3mm diameter and run directly to the illuminator. The several sizes of fiber make for different intensities on the point light, giving the effect of distance and perspective creating great depth. Coupled with a twinkle effect wheel the effect can be quite stunning.

#### **97. What is an effect wheel?**

A disc of metal or polycarbonate revolving between the lamp and the common end with holes, slits, colors or patterns.

#### **98. What is an animation harness?**

A group of fiber optics arranged in a sequential fashion and numbered. The fibers are then installed in the same order and, with the help of special illuminators, movement can be added to lines or patterns.

99. What are spatial effects?

Representations of comets, nebulas, shooting stars and others, made with often thousands of individual fibers and animation illuminator.

100. How would you describe in one word fiber optics lighting systems?

Magic





ADVANCED HOLDING A. S. GROUP OF COMPANIES (NORWAY)

®

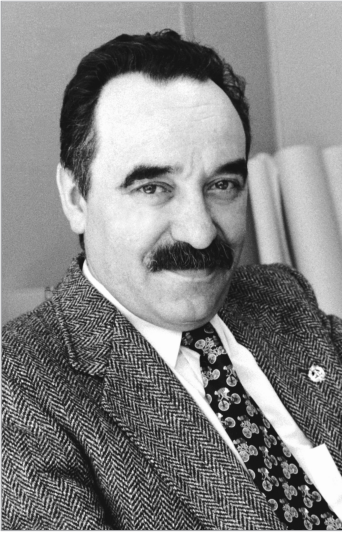
ADVANCED

F

FIBER OPTICS

1 0 0

PREGUNTAS Y RESPUESTAS



No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni el registro en un sistema informático, ni la transmisión bajo cualquier forma o a través de cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación o por otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*.

©Juan Carlos Jiménez Cortés, 2000.

Depósito Legal: B-44.885- 2000

©Registration in Barcelona. Number B-43.036-2000

# Í N D I C E

## F I B R A S

INTRODUCCIÓN	7
1. ¿Qué es una fibra óptica?	9
2. ¿Cuántos tipos de fibra hay?	9
3. ¿De qué están hechas las fibras ópticas?	9
4. ¿Hay diferentes calidades de fibras ópticas?	9
5. ¿Qué es una guía óptica?	10
6. ¿Qué son fibras desnudas?	10
7. ¿Qué son fibras recubiertas?	10
8. ¿Es importante el color de la funda?	10
9. ¿Qué es un arnés?	10
10. ¿Tienen pérdidas las fibras?	10
11. ¿Por qué algunas fibras cambian el color de la luz?	11
12. ¿Es la baja atenuación una señal de calidad en la fibra?	11
13. ¿Cuáles son las ventajas de las fibras ópticas de vidrio?	11
14. ¿Y las desventajas?	12
15. ¿Cuáles son las ventajas de las fibras ópticas de polímero?	12
16. ¿Y las desventajas?	12
17. ¿Puedo iluminar una casa con fibras ópticas?	13
18. ¿Son las fibras ópticas un método eficaz para transportar luz?	13
19. ¿Qué puede justificar el uso de las fibras ópticas?	13
20. ¿Son seguras las fibras ópticas?	14
21. ¿Quién hace fibras ópticas?	14
22. ¿Cómo se hacen las fibras ópticas?	14
23. ¿Son frágiles las fibras ópticas?	14
24. ¿Pueden doblarse las fibras en ángulo recto?	15
25. ¿Pueden unirse o empalmarse las fibras ópticas?	15
26. ¿Puede viajar la luz cualquier distancia a lo largo de una fibra?	15
27. ¿Cuántos tamaños hay de fibras ópticas de iluminación?	15
28. ¿Se puede poner cualquier cantidad de luz en una fibra óptica?	16
29. ¿Las fibras ópticas transmiten radiación?	16
30. ¿Vidrio o polímero?	16
31. ¿Pueden hacerse fibras de cualquier tamaño?	17
32. ¿Cuál es la duración de las fibras ópticas?	17
33. ¿Pueden varias fibras dar la misma cantidad de luz?	17
34. ¿Qué son fibras de emisión lateral?	17
35. ¿Hay diferentes tipos de fibras de emisión lateral?	18
36. ¿Qué son multifibras de núcleo sólido?	18
37. ¿Qué son multifibras lineales?	18
38. ¿Qué son multifibras trenzadas?	18
39. ¿Núcleo sólido o multifibra?	18
40. ¿Pueden las fibras ópticas de emisión lateral dar tanta o más luz que el neón?	19
41. ¿Con todas sus limitaciones, ¿cuáles son los usos de las fibras ópticas de emisión lateral?	19
42. ¿Cuáles son los límites de diseño con fibras ópticas de emisión lateral?	19
43. ¿Puede ser homogénea la luz a lo largo de una fibra óptica de emisión lateral?	20
44. ¿Siempre podremos apreciar una diferencia en luz a lo largo de una fibra óptica?	20
45. ¿Se puede dotar de movimiento la luz en una fibra óptica de emisión lateral?	20
46. ¿Son las fibras ópticas de emisión lateral con núcleo central más luminosas?	20
47. ¿Hay alguna forma de mejorar la visión de las fibras ópticas de emisión lateral?	21

## I L U M I N A D O R E S

48. ¿Qué es un iluminador? . . . . .	23
49. ¿Qué cualidades tiene un buen iluminador? . . . . .	23
50. ¿Cuanto más grande mejor? . . . . .	23
51. ¿Cuántos tipos de iluminadores hay? . . . . .	24
52. ¿Halógeno o de descarga en gas? . . . . .	24
53. ¿Todos los iluminadores deben tener ventilación forzada? . . . . .	24
54. ¿Cuánto ruido produce un iluminador? . . . . .	24
55. ¿Son las certificaciones importantes? . . . . .	25
56. ¿Está una máquina con la marca CE certificada? . . . . .	25
57. ¿Cómo se puede reconocer la calidad de un producto? . . . . .	25
58. ¿Y la ISO 9000? . . . . .	26
59. ¿Cómo funciona un cambio de color? . . . . .	26
60. ¿Qué es un filtro dicróico? . . . . .	26
61. ¿Son necesarios los fusibles térmicos? . . . . .	26
62. ¿Pueden varios iluminadores cambiar de color simultáneamente? . . . . .	27
63. ¿Se pueden controlar los iluminadores mediante ordenador? . . . . .	27
64. ¿Qué es un DMX? . . . . .	27

## T E R M I N A C I O N E S   A P L I Q U E S   Y T E R M I N A L E S

65. ¿Qué son terminaciones? . . . . .	29
66. ¿Qué son remates? . . . . .	29
67. ¿Hay muchos tipos de terminaciones? . . . . .	29
68. ¿Es importante la terminación de la fibra? . . . . .	29
69. ¿Cómo se terminan las fibras ópticas de vidrio? . . . . .	30
70. ¿Cómo se terminan las fibras ópticas de polímero? . . . . .	30
71. ¿Cómo se terminan las monofibras de gran diámetro? . . . . .	30
72. ¿Cómo se terminan las fibras trenzadas? . . . . .	31
73. ¿Qué es un colector común? . . . . .	31
74. ¿Es importante el colector común? . . . . .	31
75. ¿Qué es fusión? . . . . .	31
76. ¿Cuántos tipos de colector común hay? . . . . .	31
77. ¿Qué es un colector común homogeneizado? . . . . .	32
78. ¿Qué son terminales? . . . . .	32
79. ¿Cuántos tipos de terminales hay? . . . . .	32
80. ¿Terminales o apliques? . . . . .	32
81. ¿Quién fabrica terminales? . . . . .	32
82. ¿Son estándar los terminales? . . . . .	32
83. ¿Qué es un puerto óptico? . . . . .	32
84. ¿Hay diferentes tipos de puerto óptico? . . . . .	33
85. ¿Quién fabrica puertos ópticos? . . . . .	33
86. ¿Son compatibles los puertos ópticos? . . . . .	33

## S I S T E M A S

87. ¿Qué es un sistema de fibra óptica? . . . . .	35
88. ¿Que es un integrador de sistemas? . . . . .	35
89. ¿Cual es la diferencia entre un integrador de sistemas y un fabricante de fibras ópticas? . . . . .	35
90. ¿Quiénes son los mejores fabricantes de fibras ópticas? . . . . .	35
91. ¿Quiénes son los mejores integradores de sistemas? . . . . .	36
92. ¿Cuántos componentes tiene un sistema de fibra óptica? . . . . .	36
93. ¿Son costosos los sistemas de fibra óptica? . . . . .	36
94. ¿Se abaratarán en el futuro los sistemas? . . . . .	37
95. ¿Son difíciles de instalar los sistemas de fibras ópticas? . . . . .	37
96. ¿Qué es un firmamento oscilante? . . . . .	37
97. ¿Qué es un disco de efectos? . . . . .	37
98. ¿Qué es un arnés de animación? . . . . .	38
99. ¿Qué son efectos especiales? . . . . .	38
100. ¿Como describiría en una palabra los sistemas de iluminación por fibra óptica? . . . . .	38

*Panta Rei*

# I N T R O D U C C I Ó N

La iluminación mediante fibras ópticas no es una tecnología nueva ni revolucionaria ya que, en resumen se trata de llevar luz de un sitio a otro con el concurso de una lente más o menos larga.

Sin embargo, existe un aura de misticismo en torno a estos conductores, un velo de secreto y de falta de información, fomentada por comerciantes poco escrupulosos, en un intento de mantener cuota de mercado con precios abusivos y más ingenio que conocimientos de física básica. El resultado es una industria totalmente atípica, donde el cliente rara vez conoce el resultado final del sistema adquirido y donde las decepciones causadas por ofertas y descripciones engañosas están a la orden del día.

Las fibras ópticas son una herramienta formidable en manos de un diseñador, con las que puede obtener resultados casi mágicos, siempre que no se pierdan de vista sus características y, especialmente sus limitaciones.

El presente trabajo es una recopilación de las preguntas formuladas por profesionales una y otra vez, durante un cuarto de siglo de conferencias, consultas y proyectos. Las preguntas están plasmadas de forma clara y escueta y contestadas sobre la base de criterios puramente objetivos y científicos, sin publicidad, marcas o preferencias personales, en un intento de desmitificar estos sistemas.

Oslo, mayo de 1.999

# F I B R A S

## 1. ¿Qué es una fibra óptica?

Las fibras ópticas son lentes largas. Un cilindro de material transparente formando un núcleo y revestido de una capa exterior de un material ligeramente distinto. La luz, cuando entra la fibra, rebota en el revestimiento exterior hacia el centro. De esta forma, la luz avanza a lo largo de la fibra en saltos o escalones hasta que sale por el otro extremo.

## 2. ¿Cuántos tipos de fibra hay?

En verdad, solamente hay un tipo de fibra óptica. El término "óptica de fibras" se aplica a una rama de la física de la luz que trata de las propiedades de ciertos materiales en los que tiene lugar el fenómeno llamado "reflexión interna total", y no a un objeto. Todos los elementos ópticos, tales como lentes, prismas y cilindros usan la reflexión interna total como mecanismo para el transporte de la luz. En los elementos descritos como fibras ópticas, la luz viaja por virtud de este efecto aunque lo hace en un número de formas diferentes: monomodo, multimodo, salto de índice, índice gradual, etc.

Para iluminación o, para ser más exactos, para la transmisión de luz visible, las fibras ópticas utilizadas son las llamadas multimodo de salto de índice. El uso de otros tipos está confinado exclusivamente a la transmisión de datos o señal.

## 3. ¿De qué están hechas las fibras ópticas?

Para iluminación o transmisión del efecto visible se utilizan varios tipos de fibras. Fibras de vidrio de diámetros muy pequeños agrupadas para alcanzar un diámetro óptico adecuado. PMMA y policarbonato en tamaños entre 0,25 y 3 milímetros, y fibras de núcleo sólido o monofibras, hechas de polímeros especiales en una funda de Teflón™, desde 3 mm. a más de 25 mm. Otros tipos de fibra, tales como las de núcleo líquido, coloreadas y fluorescentes, tienen pocos usos y sólo para aplicaciones muy especializadas.

## 4. ¿Hay diferentes calidades de fibras ópticas?

Definitivamente sí. Las materias primas utilizadas en la fabricación de fibras ópticas pueden ser similares en algunos casos, pero los procesos de fabricación varían enormemente de un fabricante a otro.

Las mayores diferencias se originan en el nivel de pureza y refinamiento con que las materias primas son producidas, el grado de impurezas, contaminación y el nivel de tecnología del proceso.

Propiedades ópticas tales como apertura numérica, atenuación y absorción espectral selectiva varían considerablemente de una fibra a otra. Esto significa que algunas fibras pueden ser adecuadas para una aplicación y totalmente inútiles para otras.

## **5. ¿Qué es una guía óptica?**

Cuando un número de fibras ópticas se agrupan para formar un conductor de luz de gran diámetro, la estructura resultante se denomina guía óptica. Con frecuencia, monofibras de gran diámetro también se denominan guías ópticas.

Las guías ópticas son producidas en muchas formas y acabados, revestidas de diferentes tipos de polímero, revestimientos metálicos articulados, tubos rígidos, termoretráctiles, etc.

## **6. ¿Qué son fibras desnudas?**

Este término se usa principalmente con las fibras de PMMA y se refiere a las ópticas que no tienen funda de protección mecánica exterior.

## **7. ¿Qué son fibras recubiertas?**

Este tipo de ópticas tiene un revestimiento exterior opaco o transparente para proporcionar una protección mecánica.

## **8. ¿Es importante el color de la funda?**

Esta cuestión es particularmente espinosa y la causa de un agrio debate entre los expertos. Algunos científicos afirman que un revestimiento blanco o de color claro y opaco, especialmente en el caso de monofibras, mejora marginalmente la transmisión. La teoría es que la luz que escapa por el revestimiento se reflejaría de nuevo hacia el núcleo. Otros no están de acuerdo en absoluto. En cualquier caso, la diferencia, si existe, tiene que ser mínima.

## **9. ¿Qué es un arnés?**

El término utilizado en la industria para describir un grupo de fibras o guías ópticas individualmente terminadas y con un colector común. Generalmente cada arnés debe tener su propio iluminador.

## **10. ¿Tienen pérdidas las fibras?**

Todas las cosas en el universo son ineficientes. Esto significa que cuando una cantidad medida de algo entra en un sistema, siempre sale menos de lo que entró.

Si se vierte un litro de agua en el extremo de una tubería, siempre saldrá menos de un litro por el otro extremo. Si se aplica un voltaje al extremo de un hilo, no importa cómo lo haga, siempre habrá un valor inferior en el otro extremo.

Las fibras ópticas no son una excepción. La luz que entra por un extremo encuentra en su camino todo tipo de obstáculos e imperfecciones que resultan en pérdidas; del 2 al 10% por cada metro lineal.

## 11. ¿Por qué algunas fibras cambian el color de la luz?

De hecho, todas las fibras alteran el color de la luz de una forma u otra. Debido a las características físicas del conductor, algunas frecuencias viajan con menos impedimentos que otras y es imposible fabricar una fibra con la misma atenuación en la totalidad del espectro visible. Exigir a un conductor de luz que transporte millones de frecuencias diferentes con exactamente la misma atenuación en cada una no sería razonable.

Algunas fibras absorben un poco más de azul que de rojo y menos verde que azul, en tanto otras tienen exactamente el comportamiento opuesto. Por esta razón, el tono y color de la luz varía de metro en metro, en algunos casos muy aparentemente. Este fenómeno se denomina "absorción espectral selectiva".

## 12. ¿Es la baja atenuación una señal de calidad en la fibra?

Generalmente sí, pero los datos de atenuación que los fabricantes de fibras ópticas suministran carecen frecuentemente de sentido, aunque para ser justos es el único dato sensato que honestamente pueden ofrecer.

La atenuación en una fibra óptica se determina utilizando un láser, un diodo emisor de luz o una fuente de luz colimada. En cualquiera de los tres casos la luz utilizada es monocromática, lo cual quiere decir que solamente una frecuencia o un grupo muy estrecho de frecuencias es utilizado.

Los datos facilitados por los fabricantes, por poner un ejemplo, 150 dB/Km. se refieren a una frecuencia concreta y a su color correspondiente que puede ser amarillo o amarillo verdoso. Esa misma fibra puede tener una atenuación de 750 dB/Km. en el extremo azul del espectro y 400 dB/Km. en el rojo.

Para calcular la atenuación media en luz blanca, primero hay que analizar la luz de la lámpara en el iluminador para determinar su composición, lo cual puede variar enormemente incluso para dos lámparas idénticas.

A continuación, se debería medir la atenuación en cada frecuencia individual sin dejar de tener en cuenta la cantidad de cada frecuencia presente en la emisión de la lámpara. Finalmente, habría que efectuar el cómputo para obtener un resultado que solamente sería válido para esa combinación de lámpara/fibra.

Para ser honesto, una aproximación puede obtenerse tan sólo con algunos instrumentos. Sin embargo, el deterioro de la lámpara a lo largo de su vida media, polvo en el sistema y coloración del colector debido a la migración de solventes del elemento encapsulante, pronto quitarían el significado de estos datos.

## 13. ¿Cuáles son las ventajas de las fibras ópticas de vidrio?

Las fibras ópticas de vidrio son muy duras y resistentes, idealmente adecuadas para instalaciones en aquellos lugares donde el conductor pueda estar sujeto a condiciones extremas de temperaturas y/o radiación. Son poco atacadas por la mayoría de disolventes o aceites y la migración espectral es buena.

#### 14. ¿Y las desventajas?

Nunca hay que perder de vista que la naturaleza del conductor en un sistema de iluminación es solamente uno de los factores a considerar dentro de la totalidad del sistema. Las guías ópticas de vidrio siempre están forradas por un tubo de polímero y el colector común está encapsulado con compuestos epoxi. El elemento que de hecho está en contacto con el entorno es el tubo de polímero. Las características de este tubo serán las que al final determinen el comportamiento mecánico del sistema. Este punto, al cual no se presta mucha atención, quita hierro a los comentarios de los que critican las fibras de polímero quejándose del contenido plástico de éstas. De hecho, si tomamos una fibra de 2 mm. de PMMA y una fibra de vidrio con el mismo diámetro óptico encontraremos que la segunda tiene más plástico que la primera. En el colector común, los compuestos epoxi pueden ser hasta un 17% del área óptica total que recibe la luz de la lámpara.

Es un hecho incontrovertible que los adhesivos epoxi utilizados para encapsular se comportan de forma errática en la presencia de altas temperaturas y gradientes elevados de radiación, condiciones que están presentes en la pantalla o foco de la lámpara en el generador, fuente de luz o iluminador. Estos epoxi tienden a envejecer rápidamente, se oscurecen, absorben más radiación, se calientan y contribuyen al fallo prematuro o deterioro del sistema.

Por otro lado, las fibras ópticas de vidrio son extremadamente quebradizas. Si el tubo que las recubre, o la funda, se rigidiza o pierde flexibilidad por causas medioambientales, la guía óptica entonces se hace extremadamente frágil.

#### 15. ¿Cuáles son las ventajas de las fibras ópticas de polímero?

La transmisión espectral de las fibras de PMMA es difícil de mejorar y la calidad de la luz transmitida en distancias superiores a los 4 ó 5 metros es considerablemente mejor que la obtenida con el uso de fibras ópticas de vidrio. El costo es otro factor; las fibras de polímero tienen un costo inferior por unidad de área óptica que las de vidrio debido en parte a que el proceso de fabricación es más sencillo.

Los sistemas de PMMA de alta calidad utilizan un sistema de fusión para construir el colector común, evitando por lo tanto el uso de compuestos epoxi. En todos aquellos casos donde intervienen muchas fibras ópticas o puntos de luz, los sistemas de polímero son una opción considerablemente mejor.

#### 16. ¿Y las desventajas?

Los extremos de las fibras de polímero no pueden trabajar con altas temperaturas. Las fuentes de luz o iluminadores precisan de una temperatura óptima de pantalla inferior a los 60° C. Aunque algunos polímeros pueden resistir temperaturas de trabajo superiores a los 110° C, el hecho es que esas elevadas temperaturas causan cambios en las cadenas de polímero, especialmente en el colector común. Esto da como resultado un endurecimiento, nublado y opalizado del material, provocando el deterioro del sistema. El uso de iluminadores calientes y de muy alta potencia con fibras ópticas de polímero en la mayoría de los casos es una locura.

Aunque hay pocos datos sobre el envejecimiento de los polímeros, algunos fabricantes ofrecen una garantía de 20 años en sus sistemas, lo cual es adecuado en la mayoría de los casos.

Radios de curvatura son un tema delicado con fibras y guías ópticas monofibra de gran diámetro y tienen que ser manejadas con cuidado para no alterar la arquitectura interna de las fibras, lo cual llevaría como consecuencia pérdidas. Las fibras desnudas o sin funda son muy delicadas y el revestimiento interior puede deteriorarse rápidamente debido a roces y abrasiones.

## 17. ¿Puedo iluminar una casa con fibras ópticas?

Una casa puede iluminarse con cualquier cosa; desde velas y lámparas de gas a fibras ópticas. No hay que perder de vista, sin embargo, la eficacia del sistema, sin olvidar que una fuente de luz tal como una lámpara eléctrica entrega su mayor potencia situada libremente en el aire lejos de cualquier objeto sólido. Cualquier cosa añadida, tal como reflector, deflector, funda, soporte o sistema de lentes, reduce la eficiencia.

Es cierto que en la mayoría de los casos la luz producida por una lámpara de forma esférica o isotópica tiene poco uso, ya que generalmente necesitamos la luz con una direccionalidad concreta para realizar un trabajo. Sin embargo, no hay que olvidar que cualquier cosa puesta cerca o alrededor de la lámpara disminuirá la luz disponible.

Con las fibras ópticas esto no es una excepción. La lámpara incluida dentro del iluminador daría mucha más luz si se sacara de la caja y se colgara del techo en lugar de inyectar la luz en una fibra óptica.

Hay un concepto erróneo entre el público de que si tenemos una lámpara de 100 Lm en un sitio y de ella sacamos 10 fibras a 10 habitaciones diferentes, tendríamos 100 Lm en cada habitación. Esto suena mucho como la parábola de los panes y los peces y contradice las leyes de termodinámica, al menos como las conocemos.

Si hay una lámpara de 100 Lm en una caja y se conectan 10 fibras, la cantidad de luz total emitida por las fibras siempre será considerablemente menos de 100 Lm; ahora y en el futuro.

## 18. ¿Son las fibras ópticas un método eficaz para transportar luz?

La respuesta escueta es no. Si tomamos cualquier otra forma de distribución lumínica encontraremos que es mucho más eficaz.

## 19. ¿Qué puede justificar el uso de las fibras ópticas?

En la mayoría de las aplicaciones, usando métodos tradicionales, la cantidad de luz utilizada excede considerablemente la cantidad que verdaderamente es necesaria. La mayor parte de la iluminancia recae en las áreas que no necesitan de iluminación.

Mediante el uso de fibras ópticas podemos distribuir cantidades minúsculas de luz exactamente donde son necesarias, algo imposible de realizar con la iluminación convencional ya que las fuentes de luz son demasiado grandes.

La posibilidad de colocar la lámpara al acceso de la mano en tanto que la luz se distribuye en zonas inaccesibles es otra de las ventajas de las fibras ópticas. Las razones principales para usar fibras ópticas en iluminación son seguridad, control, miniaturización, costo y facilidad de mantenimiento.

## 20. ¿Son seguras las fibras?

Las fibras ópticas son elementos pasivos, por lo tanto no utilizan energía para generar luz, como es el caso de la lámparas. Como conductores de luz, tan sólo transportan luz de un punto a otro, nunca electricidad.

Las fibras ópticas pueden ser puestas bajo o en contacto directo con el agua, pueden ser cortadas, manejadas, rotas o martilleadas, pero nunca pueden ser otra cosa que conductores de luz totalmente inertes.

Ya que las fibras ópticas estándar tienen una ventana de transmisión muy restringida, la mayor parte de radiación que pudiera ser dañina a seres vivos o cosas no se transmite. De hecho, la cantidad de infrarrojo y ultravioleta que emite de una fibra óptica es, en la mayoría de los casos, insignificante.

El uso de fibras ópticas en la iluminación de piezas de museo o material sensible a la radiación es una de las aplicaciones principales de estos conductores de luz.

## 21. ¿Quién hace fibras ópticas?

Los fabricantes de vidrio generalmente fabrican fibras ópticas de vidrio. Industrias químicas fabrican fibras de PMMA y compañías, tanto públicas como privadas, fabrican otros tipos de fibras ópticas especialmente monofibras de gran diámetro, por lo general bajo su proceso exclusivo.

## 22. ¿Cómo se hacen las fibras ópticas?

Los procesos varían considerablemente de un fabricante a otro. Esencialmente, se fabrica un cilindro o núcleo de gran diámetro y material de alta pureza, un elemento denominado "preforma". La preforma se calienta o se trata posteriormente y se extruye o se estira para formar un filamento que más tarde es revestido con una capa de índice refractivo diferente.

Otros sistemas incluyen co-extrusión, colada continua, co-polimerización directa, inyección, estirado en húmedo y extrusión blanda con calibradores de mercurio.

Estas últimas técnicas y otras en investigación tratan de obtener una mejor alineación de las cadenas de polímero para mejorar la transmisión y reducir la atenuación.

## 23. ¿Son frágiles las fibras ópticas?

Las fibras ópticas de vidrio son muy quebradizas y de hecho en cualquier guía óptica de vidrio siempre hay un porcentaje de fibras rotas durante el proceso de manufactura. Sin embargo, ya que estas guías están siempre forradas una vez instaladas son muy resistentes a los ataques externos.

Las fibras de PMMA desnudas son extremadamente delicadas durante la fabricación y manipulación, siendo necesario un cuidado exquisito en su manejo. Asimismo, una vez forradas son particularmente resistentes a daños externos.

Otras monofibras son muy duras debido al recubrimiento externo de Teflón™ y pueden ser instaladas sin ningún problema. El único inconveniente de este tipo de ópticos es su endurecimiento con la edad que rigidiza dichos conductores y los vuelve extremadamente quebradizos.

#### **24. ¿Pueden doblarse las fibras en ángulo recto?**

No. Todas las fibras deben ser dobladas con un radio que no altere la arquitectura interna del conductor. Por cada tipo y tamaño de fibra hay un radio mínimo de curvatura especificado y recomendado por el fabricante. Doblar las fibras en ángulo recto causará que el conductor se quiebre en el caso de una fibra óptica de vidrio y que sufra daños irreparables en cualquier otro tipo.

#### **25. ¿Pueden unirse o empalmarse las fibras ópticas?**

Todas las fibras son susceptibles de unión o empalme con más o menos éxito y dificultad. El problema son las pérdidas que se producen en dicha unión.

El empalme de fibras es una práctica común en la industria de las telecomunicaciones, donde se lleva a cabo con aparatos sofisticados y por manos expertas.

Las fibras ópticas de iluminación raramente se empalman porque sería muy costoso efectuar una unión con pérdidas aceptables. Esto es más agudo si cabe con las fibras de vidrio donde se tendrían que empalmar individualmente cientos e incluso miles de fibras.

Las monofibras pueden ser empalmadas con mayor facilidad pero las pérdidas son enormes; hasta un 25% de la luz disponible.

#### **26. ¿Puede viajar la luz cualquier distancia a lo largo de una fibra?**

Todos los conductores tienen pérdidas y en el caso de las fibras ópticas son considerables.

En el ámbito general, las pérdidas lumínicas en la industria son del orden de un 5% por metro o superiores. Si comenzamos, por ejemplo, con 100 unidades de luz en el colector común, perderemos un 25% después de 5 metros y más del 40% después de 10. De hecho, la mayoría de los sistemas tienen pérdidas superiores al 30/50% a lo largo de un recorrido de 10 metros.

#### **27. ¿Cuántos tamaños hay de fibras ópticas de iluminación?**

Literalmente cientos; desde unas pocas micras hasta más de 25 mm., monofibras, multifibras, cilíndricas, cuadradas, rectangulares y planas.

## 28. ¿Se puede poner cualquier cantidad de luz en una fibra óptica?

Esta es una de las falacias estándar de la industria. El sistema necesario para introducir una cantidad de luz en una fibra óptica es muy sencillo: una lámpara, tal vez una lente, y algo que sujete la fibra en dirección a la fuente de luz. Es deducible que cuanto más grande y potente sea la lámpara mayor será la cantidad de luz que emitirá y que entrará en la fibra. Al menos éste es el argumento que la mayoría de la gente encuentra lógico.

El problema es que la óptica es una ciencia que no tiene nada de simple. Una fibra óptica acepta una medida de luz con facilidad sin importar la potencia de la lámpara. Cuando se trata de inyectar una cantidad desmesurada de energía en un conductor se originan todo tipo de problemas físicos; resonancia molecular y debilitamiento de las uniones causada por la extrema vibración. Si una fuente de luz inyecta 10 unidades en una fibra, otra fuente de luz el doble de luminosa nunca inyectará el doble de luz en la misma fibra.

Hay un elemento denominado "aceptación de densidad de potencia" que marca el límite sobre la cantidad de energía que puede circular a través de un sistema sin importar el esfuerzo que hagamos en añadir más. Un hilo de cobre con un diámetro determinado estará frío con 5 A, templado con 10 A, caliente con 20 A y derretido con 40 A.

## 29. ¿Las fibras ópticas transmiten radiación?

La luz es una radiación; por lo tanto, la respuesta es sí. Algunas fibras, dependiendo de la naturaleza de los materiales de que están constituidas, transmiten una banda de radiación más o menos amplia o restringida.

El calor es una radiación en la región infrarroja y no se transmite bien por las fibras ópticas de iluminación. Para poner un ejemplo, la cantidad de calor acumulado en el interior de una vitrina con un m<sup>3</sup> de aire es solamente un grado en 24 horas de una guía de PMMA de 5 mm. de diámetro alimentada por un emisor de luz de 150 w/halogenuros metálicos.

## 30. ¿Vidrio o polímero?

No hay una respuesta fácil porque siempre dependerá del uso final y condiciones generales de trabajo del sistema.

En líneas generales, las fibras de vidrio están muy indicadas para todos aquellos entornos donde las altas temperaturas son constantes y para transmisión de datos a larga distancia. Las fibras de vidrio, sin embargo, son conductores muy delgados de tan sólo unas micras de diámetro; por lo tanto, para construir un conductor de luz de tamaño adecuado, cientos o miles, han de ser agrupadas y recubiertas.

Los radios de curvatura y funcionamiento son aceptables aunque las fibras de vidrio con características espectrales similares al PMMA son considerablemente más caras.

En resumen, tanto los sistemas de vidrio como de polímero tienen ventajas e inconvenientes, que deben de ser estudiados individualmente a la vista de la aplicación y condiciones de trabajo.

### 31. ¿Pueden hacerse fibras de cualquier tamaño?

En teoría sí. Hay, sin embargo, restricciones físicas en función de los materiales usados. Fibras de gran diámetro tienen radios de curvatura proporcionales y no son muy económicas de producir. Bajo la clasificación de Sistemas de Fuente de Luz Remota se fabrican tubos de polímeros especialmente mecanizados que se comportan como fibras ópticas y con capacidad para ser conformados como conductores de más de 30 cm de diámetro. El uso de estos elementos es considerablemente complejo ya que se requieren reflectores o extractores con una arquitectura muy precisa que hace necesaria la utilización de procesos de corte y marcado asistidos por ordenador.

### 32. ¿Cuál es la duración de las fibras ópticas?

En el caso de las fibras de vidrio prácticamente ilimitada, debido a las características inertes del material. Esto hace referencia solamente a la fibra y no al colector común, ya que siendo un encapsulado de epoxi tiene un comportamiento menos predecible y su envejecimiento depende de muchos factores, tales como la temperatura de operación y el nivel de exposición a la radiación.

Por lo que hace referencia a los sistemas de polímero, una garantía de 20 años es el estándar en la industria, lo cual también se refiere a la fibra sin referencia al colector común cuya longevidad depende de los mismos factores apuntados anteriormente.

### 33. ¿Pueden varias fibras dar la misma cantidad de luz?

No. Si un número de fibras o guías de luz se conectan al mismo iluminador es físicamente imposible que cada una reciba la misma cantidad de luz y por lo tanto la transmita. La mancha o círculo de luz formado por el reflector de una lámpara en su foco o pantalla no es totalmente homogéneo, lo cual quiere decir que no tiene la misma cantidad de luz en cada punto de su superficie. Este problema se minimiza a veces mezclando las fibras en el colector común, técnica especialmente utilizada en sistemas de fibras de vidrio pero que nunca puede igualar totalmente la emisión.

### 34. ¿Qué son fibras de emisión lateral?

Todas las fibras ópticas reciben la luz por un extremo y la transportan hasta el otro. De acuerdo con esto no existen las fibras ópticas de emisión lateral. Sin embargo, todas las fibras pierden algo de luz lateralmente y en este sentido todas las fibras son de emisión lateral.

Cuando la luz entra en una fibra y viaja a través del núcleo encuentra multitud de obstáculos: grietas y fisuras microscópicas, impurezas y otros elementos que obstruyen el pasaje de parte de la luz la cual, a su vez, escapa por el revestimiento exterior.

Todas las fibras pierden algo de luz a través del revestimiento porque no existen sistemas perfectos. Este efecto inevitable se utiliza para producir elementos denominados "fibras de emisión lateral", que de hecho son fibras ópticas normales con un revestimiento exterior transparente que permite la visión de la luz que escapa. Algunos fabricantes inducen tensiones en las fibras por medio de torsiones o flexiones para maltratar las fibras y causar mayores pérdidas laterales.

Algunas fibras de vidrio se hacen de emisión lateral por el expediente método de introducir un número de fibras en un tubo transparente flexible e ir las rompiendo a intervalos. Naturalmente llega un momento a lo largo del tubo donde no quedan fibras sin romper para continuar el proceso.

### **35. ¿Hay diferentes tipos de fibras de emisión lateral?**

Hoy en día se comercializan varios tipos de fibras ópticas de emisión lateral. Las más comunes son:

- Monofibras de núcleo sólido.
- Multifibras lineales.
- Multifibras trenzadas.

### **36. ¿Qué son multifibras de núcleo sólido?**

Estas ópticas son cilindros fabricados de diversos polímeros enfundados en un tubo o vaina transparente. Se fabrican en diferentes grosores o calibres desde 3 mm. a más de 25 mm.

### **37. ¿Qué son multifibras lineales?**

Son tubos transparentes de pared delgada que alberga un número de pequeñas monofibras. Las fibras interiores, generalmente de 0,75 mm. de diámetro, son desde 10 o menos a varios cientos, dependiendo de la utilización final y el diámetro de la óptica.

### **38. ¿Qué son multifibras trenzadas?**

Sencillamente cuerdas trenzadas fabricadas con delgadas fibras ópticas en lugar de nailon o cáñamo. Debido a las tensiones producidas en las fibras por la torsión y enrollamiento se producen unas pérdidas mayores a lo largo de su recorrido. Esto significa que hay más luz presente y dichas ópticas son visibles con mayor facilidad.

### **39. ¿Núcleo sólido o multifibra?**

Dependerá del uso final de la óptica y de las condiciones de instalación.

Las fibras ópticas de núcleo sólido tienen generalmente un radio de curvatura muy grande para evitar pérdidas considerables. Además, debido a la transparencia del núcleo, a no ser que el contraste con el entorno sea adecuado, la apariencia final es de una luminancia inferior.

Las fibras ópticas multifibras tienen una construcción más flexible, especialmente en grandes diámetros y ya que la transparencia de la óptica es más reducida la luminancia parece mayor.

Las fibras de núcleo sólido pueden operar en algunos casos con muy altas temperaturas de pantalla y pueden ser conectadas (al menos en teoría) a generadores más potentes sin peligro para el núcleo. Hay que apuntar, sin embargo, que los efectos a largo plazo especialmente aquellos que hacen relación a la densidad de potencia del sistema, están todavía sin determinar.

#### **40. ¿Pueden las fibras ópticas de emisión lateral dar tanta o más luz que el neón?**

Se puede provocar que estas guías sean tan o más brillantes que el neón, pero tan sólo en distancias muy cortas. Podemos tomar como ejemplo una manguera de jardín: si le hacemos pequeños agujeros a lo largo de la manguera, una cantidad considerable de agua saldrá de las perforaciones más cercanas al grifo y a lo largo de una distancia que dependerá del tamaño de los agujeros y la presión del agua. Si hacemos los agujeros más grandes, más agua saldrá pero a lo largo de una distancia más corta.

Hay un límite a la cantidad de agua que se puede hacer circular a lo largo de una tubería, un límite impuesto por el material de la tubería, la viscosidad y la presión del agua. Sencillamente no podemos incrementar la presión infinitamente.

El límite en la cantidad de luz que puede pasar por una fibra óptica está también determinado por la física: el material de que está formada la óptica y las cualidades intrínsecas de la luz. Hay un límite de densidad de potencia para cada material.

#### **41. Con todas sus limitaciones, ¿cuáles son los usos de las fibras ópticas de emisión lateral?**

Existe un error popular acerca de la cantidad de luz necesaria para un trabajo determinado: mayor cantidad de luz no es necesariamente mejor y generalmente es peor que la cantidad adecuada con las características precisas.

En muchos casos, una menor cantidad de luz para remarcar, decorar o acentuar es mucho mejor que el brillo intenso del neón.

Un buen ejemplo es el uso en teatros, cines y locales de pública concurrencia para marcar corredores, pasillos y salidas de emergencia; en estos casos el brillo del neón sencillamente no sería aceptable. Con la ventaja añadida del cambio de color, las fibras ópticas de emisión lateral son una herramienta extremadamente valiosa en las manos del diseñador para acentuar edificios y elementos arquitectónicos, tanto interior como exteriormente, piscinas, estanques, molduras, jardines y todo tipo de detalles.

Otro punto que no debe ser olvidado es la total seguridad de las fibras ópticas. No hay electricidad. Esto significa que en todos aquellos casos donde el neón de alto voltaje no puede ser utilizado por peligro, mantenimiento o fragilidad, las fibras ópticas de emisión lateral puede ser la única alternativa sensata.

#### **42. ¿Cuáles son los límites de diseño con fibras ópticas de emisión lateral?**

La iluminancia de las fibras ópticas de emisión lateral es baja, aunque la luminancia es bastante aceptable en la mayoría de los casos. Esto quiere decir que si los valores de contraste son correctamente aplicados, la visibilidad de las ópticas puede ser excelente. La cantidad de iluminancia ambiente, color de los fondos, distancia y línea de visión son parámetros que deben ser cuidadosamente calibrados para obtener los mejores resultados.

#### **43. ¿Puede ser homogénea la luz a lo largo de una fibra óptica de emisión lateral?**

A pesar de las declaraciones de algunos fabricantes, esto es totalmente imposible ya que va en contra de las leyes de la física, tal como las conocemos.

Para que una fibra óptica tuviese la misma iluminancia a lo largo de una longitud concreta tendría que ser perfecta, sin pérdidas.

Tan pronto como la luz es producida por un emisor comienza a decaer, de igual forma que un proyectil comienza a perder velocidad desde el momento que sale del cañón de un arma.

La luz no es lo mismo centímetro a centímetro en una óptica al alejarse del iluminador; cuanto más se aleje de la fuente de luz menos luz debido a la atenuación de la óptica.

#### **44. ¿Siempre podremos apreciar una diferencia en luz a lo largo de una fibra óptica?**

No necesariamente. El sistema de visión humana aprecia los grados de iluminancia de forma logarítmica y si la transición es gradual apreciar diferencias es extremadamente difícil.

Si observamos una óptica de, pongamos 30 metros, desde un extremo al otro a lo largo de la misma no importaría en qué extremo situásemos el iluminador. Veríamos la guía homogéneamente iluminada, aun sabiendo que eso no es posible. Si mirásemos la misma óptica desde un lateral, a una cierta distancia, entonces veríamos inmediatamente la diferencia en luminancia ya que podríamos comparar ambos extremos.

El uso correcto de iluminadores en ambos extremos de la ópticas y restringiendo la longitud a la recomendada por los fabricantes, el control del contraste y el ángulo de visión, son las herramientas necesarias para una instalación con éxito.

#### **45. ¿Se puede dotar de movimiento la luz en una fibra óptica de emisión lateral?**

Con fibras ópticas trenzadas y un proceso especial en el colector común, este tipo de guías pueden ser dotadas de movimiento en ambas direcciones y mostrar múltiples colores al mismo tiempo.

#### **46. ¿Son las fibras ópticas de emisión lateral con núcleo central más luminosas?**

La respuesta a esta pregunta es honradamente como tratar de determinar el sexo de los ángeles.

Si una guía de emisión lateral tiene un núcleo central reflectante parece que debería de dar más luz omnidireccionalmente; es decir, si la guía estuviese suspendida en medio del aire y vista desde cualquier ángulo.

El problema con esta propuesta es que dichas ópticas están normalmente sujetas a un soporte o paramento y vistas desde un ángulo concreto. La pieza central opaca, en este caso, impediría el pasaje de la luz desde detrás del núcleo y por lo tanto la óptica tendría menos luz disponible para el observador.

Guías ópticas de emisión lateral se presentan generalmente enfundadas en un recubrimiento transparente y el observador, por transparencia, tiene el beneficio de la luz que escapa no solamente de las fibras individuales situadas directamente enfrente de su línea de visión sino también de las que hay detrás.

Si tomamos un tubo de vidrio lleno de un líquido coloreado y lo iluminamos por un extremo podríamos ver la totalidad de la masa como un cilindro iluminado. Si ahora colocamos un núcleo concéntrico opaco desde cualquier dirección tendríamos menos visión de la masa del cilindro. Este mismo argumento sería válido para cualquier cilindro transparente.

La prueba de este argumento es prácticamente imposible, ya que requeriría dos ópticas con y sin núcleo del mismo tamaño y propiedades ópticas, situadas exactamente en el mismo punto de un iluminador. En mi opinión, sin importar las patentes, las fibras ópticas de emisión lateral con núcleo central reflectante no añaden más luz a la guía y probablemente restan luz al observador y al sistema en general.

#### 47. ¿Hay alguna forma de mejorar la visión de las fibras ópticas de emisión lateral?

Una fibra óptica de emisión lateral se ve óptimamente cuando el contraste entre la óptica y su entorno es máximo. Si la guía óptica se coloca en un carril blanco o contra un fondo blanco opaco la luz es más aparente.

Esto no quiere decir que la óptica emita más luz, tan sólo que la iluminancia reflejada del fondo mejora la luminancia general de la óptica.



## 48. ¿Qué es un iluminador?

Un iluminador, fuente de luz o generador es básicamente una caja con una lámpara dentro, apuntando hacia una apertura donde las fibras ópticas están fijadas. Naturalmente esto es una simplificación, aunque en realidad un gran número de los iluminadores disponibles comercialmente son poco más que esto.

## 49. ¿Qué cualidades tiene un buen iluminador?

Los iluminadores deben realizar tres funciones diferentes con un cierto nivel de eficacia. En primer lugar, deben de alojar la lámpara y su equipo de alimentación, transformador, balasto, arrancador y cableado de una forma correcta y segura.

En segundo lugar, debe enfocar la luz de la lámpara de la forma más eficaz para asegurar un funcionamiento correcto. Finalmente, debe crear un entorno adecuado para garantizar la longevidad del colector común; es decir, la unión con el arnés de fibra óptica. Con este último punto en mente, un iluminador debe estar diseñado para minimizar la carga térmica en la pantalla por todos los medios posibles, filtros, ventilación forzada, canalizaciones de aire y deflectores.

## 50. ¿Cuanto más grande mejor?

Es sorprendente el énfasis que los fabricantes ponen en la potencia consumida declarando que una máquina es de 50, 100 ó 400 W, cuando en realidad esto no tiene nada que ver con la potencia lumínica del iluminador.

En la industria de la iluminación el rendimiento de una lámpara se mide de maneras diferentes dependiendo de los estándares de comparación. Los datos que generalmente determinan las características de la lámpara son: eficacia lumínica y cantidad de luz.

La eficacia lumínica, determinada en Lm/W, expresa la cantidad de luz que una lámpara produce por cada unidad de energía que usa. Es muy baja en lámparas de incandescencia, donde la mayor parte de la energía se transforma en calor y muy alta en fluorescentes y algunos tipos de lámparas de descarga, tales como las de sodio a baja presión. Por desgracia, ninguna de estas últimas lámparas puede, sensatamente, ser utilizada con fibras ópticas. La cantidad de luz que una lámpara produce es una información útil cuando tratamos de iluminar un almacén o la mesa de una oficina, pero con muy poco valor cuando se necesita proyectar y concentrar luz en un punto concreto. En este caso, la pantalla del iluminador o la fibra del colector común.

La cantidad de luz y su direccionalidad iluminando la pantalla, lo cual tiene poco que ver con la potencia consumida por la máquina, es la única medida del rendimiento de un iluminador. Muchas lámparas, especialmente las de última generación, tienen la producción de luz muy mejorada, mejor control de haz y mayor precisión. Paradójicamente, una lámpara halógena dicróica de 50 W. es capaz de inyectar más luz en una fibra que otra de 75 W. y construcción similar de tecnología desfasada.

### **51. ¿Cuántos tipos de iluminadores hay?**

Ya que la industria carece de estándares, el término "tipo" es ligeramente confuso. En cuanto a la potencia utilizada, los iluminadores varían entre 5 W y 1.000 W o más. En cuanto al tipo de lámpara utilizada, los iluminadores están divididos en dos familias: los que usan lámparas incandescentes, generalmente halógenas, y los equipados con lámparas de descarga en gas. Los iluminadores también pueden ser tipificados por uso. Algunos son utilizados principalmente para iluminación y otros para efectos tales como animaciones, cambios de color, parpadeos, etc.

### **52. ¿Halógeno o de descarga en gas?**

Otra vez esto depende del uso del sistema. Lámparas de descarga en gas, especialmente aquellas con un área de plasma muy pequeño, son ideales para su uso con sistemas ópticos tales como lentes o reflectores. Consecuentemente, la cantidad de luz enfocada en la dirección correcta puede ser superior a la de una lámpara halógena. La emisión lumínica de estas lámparas es, asimismo, mayor que las de las lámparas incandescentes. Una desventaja de las lámparas de descarga es que los métodos convencionales no pueden utilizarse para la regulación de las mismas. Esto quiere decir que si se requiere una regulación hay que utilizar diafragmas metálicos o complejos osciladores de alta frecuencia. Las lámparas halógenas son más pequeñas, económicas y necesitan equipos de alimentación más sencillos, pero dan menos luz. Para iluminación y aplicaciones de emisión lateral iluminadores con lámparas de descarga en gas se utilizan de forma prácticamente universal, reservando las halógenas menos potentes para efectos y decoración. Hay que comentar, sin embargo, que si la lámpara halógena correcta se utiliza con el debido ángulo de apertura pueden obtenerse excelentes resultados con arneses de pequeño diámetro.

### **53. ¿Todos los iluminadores deben tener ventilación forzada?**

Generalmente sí, con la excepción de aquellos con una construcción masiva que disipan el calor por radiación o transferencia.

### **54. ¿Cuánto ruido produce un iluminador?**

Un iluminador puede ser muy ruidoso, ligeramente o totalmente silencioso, dependiendo del sistema y de su construcción. La disipación de calor es algo que sólo puede ser llevado a cabo por uno de dos medios: radiación o ventilación.

Si el método escogido es radiación la caja o alojamiento debe tener la masa y superficie para asegurar una disipación del calor. En sistemas ventilados, el aire es el agente de enfriamiento y debe ser evacuado y renovado. El problema de radiación es que algunos iluminadores son tan calientes que necesitarían una caja enorme para disipar toda la acumulación de calor, lo cual no es una solución muy práctica.

Los iluminadores silenciosos utilizan normalmente pequeñas lámparas halógenas o de descarga en gas, sin ventilación mecánica y sirviéndose solamente de la radiación para enfriar la caja y disipar el calor. Generalmente funcionan bien sólo si están situados en el exterior o en un volumen donde la temperatura ambiente sea considerablemente inferior a la de la caja.

Las corrientes de aire forzado se utilizan en la mayoría de los iluminadores de potencia cuando el ruido puede variar entre los 20 y los 70 dB. Si tenemos en cuenta que el ruido en un sistema de ventilación forzada es relativo al tamaño del conducto y velocidad del aire, velocidad del ventilador, monturas, vibración y otros aspectos relacionados, es fácil sospechar que un buen diseño puede reducir considerablemente la cantidad de ruido. Si el ruido es el mínimo permitido por el diseño, sólo puede reducirse utilizando materiales absorbentes.

## 55. ¿Son las certificaciones importantes?

Eso dependerá del tipo de certificación, lo que sea certificado y quien emite la misma. Muchas certificaciones se refieren a la seguridad del producto, sobre todo al peligro de descarga eléctrica accidental. De hecho, algunas certificaciones garantizan que el artilugio no le producirá la muerte, pero dicen poco o nada en cuanto al rendimiento del producto. La certificación de una lavadora normalmente no dice nada sobre si la máquina lavará ropa, sólo que es improbable que sufrirá una descarga eléctrica al utilizarla.

Otro tipo de certificaciones contemplan el rendimiento de la máquina, pero por desgracia no son obligatorias. En la industria de la fibra óptica incluso ese tipo de certificaciones son muchas veces carentes de sentido porque hay poco o ningún control en la conexión entre el iluminador y la fibra. El certificado de un laboratorio puede decir que un iluminador entrega tantos lúmenes en pantalla pero no puede decir cuántos entrarán en la fibra porque eso dependería de un número de factores totalmente ajenos a su alcance y competencia.

## 56. ¿Está una máquina con la marca CE certificada?

La marca CE fue una buena idea en su nacimiento pero se ha abusado tanto de ella que hoy en día prácticamente carece de sentido para el usuario final.

CE no es una certificación o marca de calidad, no está emitida por ningún ente público o controlada de ninguna manera. Los distribuidores y consumidores finales no tienen ningún derecho a requerir un certificado CE del fabricante aunque sus productos lleven la marca.

CE es una declaración del fabricante diciendo que el objeto cumple con las directivas de la Comunidad Europea y sus regulaciones. Realmente es el equivalente de tomar las palabras de un vendedor de coches usados como si se tratase del Evangelio.

El mercado está saturado de productos de baja calidad y origen incierto con la marca CE, productos que obviamente no cumplen ninguna regulación.

En resumen, la marca CE no certifica ni implica ningún tipo de calidad o utilidad, tan sólo dice que el fabricante declara su producto de acuerdo con las directivas comunitarias, bajo su propia responsabilidad y sin control oficial alguno.

## 57. ¿Cómo se puede reconocer la calidad de un producto?

Hay varias maneras. El nombre y reputación de la compañía productora es importante y también su emplazamiento geográfico. Hay países famosos por sus productos de buena calidad y otros justo lo contrario.

El sello de certificación de un laboratorio internacionalmente reconocido es una forma segura de saber que un producto ha sido comprobado y construido con un elevado estándar. Generalmente dichos laboratorios o institutos tienen programas de seguimiento que controlan la fabricación y procesos de calidad del fabricante.

Se puede afirmar que una máquina con uno o varios de dichos sellos tiene una identidad y está bien hecha.

## **58. ¿Y la ISO 9000?**

También parece existir un cierto nivel de confusión sobre las certificaciones de la serie ISO 9000. La ISO esencialmente no es una garantía de buena calidad y no se adjudica a un producto sino a una Compañía.

ISO 9000 es, coloquialmente, un sistema que elimina la anarquía de la gestión o la producción (no necesariamente de ambas), asegurando que las cosas se hacen siempre de la misma forma y con idéntica calidad, lo cual no es poco.

Sin embargo, no garantiza que los productos sean buenos sino consistentes en su calidad. Si un fabricante produce un buen artilugio o armatoste, la ISO 9000 garantiza que siempre será bueno. Por la misma regla de tres, si alguien hace un producto de inferior calidad la ISO le asegurará que siempre será igual de inferior.

Una combinación de ISO 9000 y certificados de laboratorio en un producto son la forma más segura para determinar que un objeto, en este caso un iluminador, es bueno y que su calidad no cambiará en el futuro.

## **59. ¿Cómo funciona un cambio de color?**

Generalmente consiste en un pequeño motor con reductora y un disco, que puede estar hecho de vidrio, segmentos de vidrio o un polímero en varios colores.

El motor hace girar el disco delante del colector común alterando la luz producida por la lámpara. Los sistemas más económicos utilizan películas de color o vidrio en tanto que la mayoría hace uso de filtros dicroicos.

Los emisores de iluminación en lugar de un disco incorporan un cilindro de vidrio o policarbonato con películas o barnices de color aplicados siguiendo líneas y dibujos para crear una ilusión de movimiento y rápidos cambios de color.

## **60. ¿Qué es un filtro dicroico?**

Una delgada oblea de vidrio con una pequeña cantidad de metal depositada en una de sus caras mediante un sistema de alto vacío. La capa metálica con tan sólo algunos átomos de grosor causa una interferencia en la luz dejando pasar algunas frecuencias y parando otras.

Esta separación de frecuencias tiene el efecto de producir colores muy saturados y brillantes.

Dependiendo del tipo de deposición toda la luz visible puede pasar en tanto que las radiaciones infrarrojas o ultravioletas son separadas. De hecho, existen filtros dicroicos o interferenciales para separar prácticamente todas las frecuencias del espectro.

## **61. ¿Son necesarios los fusibles térmicos?**

La gama de temperaturas en el colector común de fibras ópticas es crítica si el rendimiento del sistema ha de ser óptimo y la longevidad de la fibra garantizada.

Un fusible térmico o termostato debe ser instalado de forma que desconecte el iluminador ante un sobrecalentamiento.

El calor se puede acumular rápidamente por multitud de razones: un ventilador defectuoso, obstrucciones en las entradas de aire o una ventilación deficiente. Un termostato de 50° C suele ser el más adecuado.

## **62. ¿Pueden varios iluminadores cambiar de color simultáneamente?**

Sí. Generalmente los pequeños motores que giran los discos de color son del tipo síncrono, muy robustos y con una reductora para entregar la velocidad más adecuada. El problema es que aunque individualmente esos motores funcionan bien es muy difícil que dos o más estén perfectamente sincronizados sin añadir elementos adicionales mecánicos o electrónicos.

Un microinterruptor sencillo y el cableado adecuado puede hacer que cualquier cantidad de motores síncronos funcione al unísono.

Algunos fabricantes ofrecen sincronizadores de velocidad variable para controlar sus iluminadores con motores especiales, finales de carrera y controladores electrónicos.

## **63. ¿Se pueden controlar los iluminadores mediante ordenador?**

Prácticamente todo puede ser controlado por un ordenador y los iluminadores no son una excepción. Cambios de color, voltaje de la lámpara y obturadores mecánicos, en el caso de lámparas de descarga en gas, pueden ser programados y controlados mediante ordenador.

Estas opciones se ofrecen normalmente como un accesorio en la mayoría de los iluminadores, utilizando motores de pasos y control DMX.

## **64. ¿Qué es DMX?**

Un protocolo de comunicación entre un circuito electrónico y motores de pasos y actuadores. Un tipo de lenguaje entre diferentes elementos para que los fabricantes puedan utilizar componentes compatibles compartiendo los mismos datos.



# TERMINACIONES, APLIQUES Y TERMINALES

## **65. ¿Qué son terminaciones?**

De nuevo nos hallamos en un área donde la confusión y la controversia son la orden del día. Algunas instituciones americanas han tratado de establecer estándares para la correcta especificación de las fibras ópticas, sugiriendo una terminología concreta. El problema es que no todos los fabricantes son americanos y a muchos no se les pidió su opinión sobre el tema. El resultado es que muchos fabricantes usan nombres diferentes para referirse a la misma parte o componente.

Con iluminadores ocurre lo mismo que con los finales. Se pueden ver en los catálogos de los fabricantes nombres tales como motor de luz, fuente de luz, generador, etc., aunque todos hacen referencia a la misma caja con lámpara dentro.

Las terminaciones sufren la misma suerte: terminación de fibra, terminal, terminal de fibra, terminal aislado, final emisor, colector común, cabezal, férula, etc. Para evitar confusiones, utilizaremos los términos terminación de fibra y colector común.

Las terminaciones, por lo tanto, son los extremos de una fibra o grupo de fibras.

## **66. ¿Que son remates?**

Los remates son los extremos de las fibras ópticas más alejadas del iluminador; el extremo que emite la luz en fibras de emisión puntual.

## **67. ¿Hay muchos tipos de terminaciones?**

Terminación puede ser cualquier cosa; desde un corte con alicates o cuchilla a una sofisticada encapsulación pulida. La técnica a usar depende no sólo del tipo de fibra sino también de la aplicación del sistema.

## **68. ¿Es importante la terminación de la fibra?**

En cuanto a la emisión de luz, la terminación de la fibra tiene poca influencia por lo que respecta a la cantidad. Sin embargo, es muy importante cuando el extremo terminal se conecte a un sistema de lentes. Imperfecciones, arañosos, poros y fracturas en la terminación serán muy aparentes en el haz de luz.

La conexión mecánica entre el terminal y el aplique o pieza de terminación, ya sea éste un panel o un alojamiento, también dependerá del acabado y precisión del final. Férulas, piezas mecanizadas y conectores deben estar escrupulosamente libres de adhesivos y con diámetros homogéneos para asegurar un encaje perfecto.

## 69. ¿Cómo se terminan las fibras ópticas de vidrio?

Generalmente las fibras de vidrio se acaban encapsulando los extremos con ayuda de compuestos o adhesivos epoxi. El resultado obtenido es un conjunto muy compacto de fibras y adhesivo que, una vez endurecido, puede ser cortado, enrasado y pulido mecánicamente. Esta encapsulación generalmente se incluye en un tubo, remache o pieza mecanizada de latón que sirve también como elemento de fijación y localización.

Las fibras de vidrio permiten algunas terminaciones muy sofisticadas, capaces de soportar temperaturas extremas y condiciones de trabajo muy duras. Algunos adhesivos especiales de encapsular pueden soportar hasta 400° C, detalle muy importante para sensores y controles en hornos y quemadores. En estos casos, puentes térmicos especiales tienen que construirse en las fibras para proteger el conductor.

Otras terminaciones pueden tener forma de obleas, discos, anillos, bloques o líneas para visión mecánica, iluminación de instrumentos, microscopios y otras aplicaciones de iluminación altamente especializadas.

## 70. ¿Cómo se terminan las fibras ópticas de polímero?

Las terminaciones para fibras de PMMA pueden ser de varios tipos, siempre dependiendo de la naturaleza del conductor y de la aplicación final. El simple corte de las fibras con herramientas especiales es el procedimiento estándar para usos decorativos y rotulación. El mismo tipo de encapsulación utilizado para las fibras de vidrio puede ser usado con grupos de fibras ópticas y para las mismas aplicaciones, exceptuando condiciones de alta temperatura.

Para usos decorativos y de iluminación, las fibras ópticas de PMMA son considerablemente más fáciles de utilizar que las fibras de vidrio. En la mayoría de los casos, con herramientas simples y personal sin especializar se pueden obtener formidables resultados en la propia obra, sin tener que recurrir a elementos prefabricados o hechos a medida, cosa que puede dar como resultado dramáticas reducciones en los costos.

Las fibras ópticas de PMMA pueden ser pulidas con un acabado óptico mediante el uso de pulimentos especiales y sin encapsulación en el caso de monofibras. Para aplicaciones y formas especiales, las multifibras pueden fusionarse creando un bloque sólido el cual es susceptible de ser pulido con un acabado óptico prácticamente perfecto.

## 71. ¿Cómo se terminan las monofibras de gran diámetro?

La propia arquitectura de las monofibras de núcleo sólido hacen que la terminación precisa de éstas sea difícil, aunque hay que decir que en la mayoría de las aplicaciones una terminación precisa es sencillamente académica.

Las fibras de núcleo sólido son considerablemente más blandas que las de PMMA o vidrio y hay que tener en cuenta que la dureza es una condición imprescindible para un pulimento preciso. Adicionalmente, si se trata de pulir los extremos, los compuestos (con base de cerio u otros) siempre tienen una base grasa que se filtra entre la funda de teflón y el núcleo inutilizando la óptica.

Las técnicas de acabado estándar para este tipo de fibra se limitan al corte con herramientas especiales donde la calidad y afilado de la cuchilla determina la precisión del corte. Un pulido térmico adicional puede llevarse a cabo pero sólo en instalaciones de fábrica.

En estos momentos hay varios departamentos de investigación estudiando formas de pulir estas fibras utilizando temperaturas muy bajas, chorros de agua y láseres de corte con resultados variopintos.

## **72. ¿Cómo se terminan las fibras trenzadas?**

Generalmente con las mismas técnicas que con las fibras de PMMA, ya que este tipo de ópticas no son más que conjuntos de monofibras de PMMA con un calibre de 0,75 mm. de diámetro.

En el caso de las fibras trenzadas, la funda y el núcleo central (si existe) deben ser retirados ya que siendo diferentes su naturaleza, punto de fusión y características físicas no pueden tratarse al mismo tiempo.

Ya que el uso casi exclusivo de estas fibras es para aplicaciones de emisión lateral, el acabado de los finales tiene poca importancia aunque se debe insistir en una caperuza o tapón final para evitar el ingreso de polvo y humedad al interior de la óptica.

## **73. ¿Qué es un colector común?**

La fibra o fibras tienen que ser conectadas al iluminador. Especialmente en el caso de un cierto número de fibras éstas han de mantenerse unidas y sujetas firmemente en posición. El colector común es el agrupamiento, fusión o encapsulado donde todas las fibras de un arnés se unen y son cortadas o emparejadas, pulidas o preparadas para conectarse mediante un puerto óptico al iluminador.

## **74. ¿Es importante el colector común?**

Aunque los fabricantes suelen prestar más atención a las fibras y los iluminadores, el colector común es una pieza vital para el correcto funcionamiento de un sistema de fibra óptica.

Un colector común correctamente diseñado debe servir de soporte para las fibras y al mismo tiempo centrar éstas en el eje del foco aunque permitiendo un cierto grado de ajuste.

La mayoría de los fallos en los sistemas de fibra óptica son debidos a un diseño o construcción defectuosos del colector común.

El uso de adhesivos para encapsular es la causa más común para el fallo de los arneses tanto en sistemas de vidrio como de PMMA y debería ser evitado a toda costa ya que solamente reduce la vida del sistema. De hecho varios fabricantes de fibra óptica de PMMA no garantizan sus fibras si estas se encapsulan con adhesivos epoxi.

## **75. ¿Que es fusión?**

Un proceso en el cual las fibras ópticas individuales se fusionan para formar un bloque homogéneo mediante presión, temperatura, microondas, inducción o una mezcla de estos. El bloque resultante no posee pérdidas intersticiales y es susceptible de un acabado con pulido óptico de precisión, para ser alojado en un puerto óptico de presión.

## **76. ¿Cuántos tipos de colector común hay?**

Las mecánicas de sujeción de fibras son asimismo dos: encapsulado y presión.

Las fibras de vidrio se presentan generalmente encapsuladas, en tanto que las fibras ópticas pueden ser encapsuladas o sujetas por presión. En el caso de las monofibras de gran diámetro y multifibras trenzadas, el colector común es casi siempre de presión.

### **77. ¿Qué es un colector común homogeneizado?**

Cuando varias guías ópticas se agrupan en un solo colector común, se hace físicamente imposible la obtención del mismo nivel de luz en cada guía, ya que la emisión de la lámpara no es igual en todos los puntos del plano de pantalla. Para minimizar las diferencias, las fibras de las guías se mezclan o "homogeneizan" de forma que cada guía reciba luz desde muchos puntos geométricos diferentes en la pantalla. La luz emitida por las guías individuales en un sistema homogeneizado es mucho más uniforme pero no idéntica.

### **78. ¿Qué son terminales?**

Prácticamente el único elemento de un sistema de fibra óptica visible por el público. Terminales son los elementos para fijar, dirigir, soportar y acabar los finales de las fibras ópticas.

### **79. ¿Cuántos tipos de terminales hay?**

Prácticamente miles y para cualquier aplicación; desde pequeñas lentes de empotrar a grandes luminarias de suelo y piscina. Desde pequeños aros decorativos y remates a complejos trenes ópticos con varias lentes, aparte de centenares de modelos diseñados específicamente para un uso concreto o aplicación.

### **80. ¿Terminales o apliques?**

En la industria, estos términos se usan indistintamente y con frecuencia juntos. Algunos fabricantes describen los terminales como elementos de fijación, tales como conectores, férulas, finales mecanizados, remaches tubulares y arandelas de remate reservándose el nombre de apliques para pilotos terminales orientables y similares.

Otros fabricantes utilizan la palabra terminal para describir cualquier cosa en el extremo de una fibra.

### **81. ¿Quién fabrica terminales?**

Cada fabricante de terminales produce una gama de los mismos generalmente diseñada para ser utilizada con su propio sistema.

### **82. ¿Son estándar los terminales?**

En general no. Cada fabricante de sistema prefiere un tipo de terminal para sus fibras con arandelas de presión, roscas, remaches o piezas mecanizadas como medios de conexión para sus propios terminales. Debido a la total ausencia de estándares en la industria se hace imposible usar los terminales de un fabricante con las fibras de otro.

### **83. ¿Qué es un puerto óptico?**

En la industria de las fibras ópticas un puerto óptico es el elemento que efectúa la conexión física entre el arnés y el iluminador. En su modelo más simple, un puerto óptico consta de dos tubos, macho y hembra, y que encajan uno dentro de otro con un tornillo como retén o bloqueo. Otros puertos ópticos más sofisticados incluyen portafiltros y dispositivos para ajustar, conformar y refrigerar el colector común.

#### **84. ¿Hay diferentes tipos de puerto óptico?**

En líneas generales, los puertos ópticos pueden dividirse en dos tipos: de encapsular y de presión. Los puertos ópticos de encapsular son poco más que un tubo hueco donde las fibras son introducidas y encapsuladas con algún tipo de adhesivo para crear un bloque duro que más tarde pueda ser pulido. Los puertos ópticos de presión son más sofisticados e incluyen prensaestopas para sujetar firmemente, por medio de una herramienta, las fibras o guías ópticas. Las fibras de vidrio generalmente se preparan en puertos ópticos encapsuladas mientras que las monofibras de gran diámetro suelen utilizarse con puerto óptico de presión. Las fibras de PMMA usan indistintamente ambos tipos de puerto óptico.

#### **85. ¿Quién fabrica puertos ópticos?**

Todos los integradores de sistemas producen algún tipo de puerto óptico para conectar a sus propios iluminadores.

#### **86. ¿Son compatibles los puertos ópticos?**

En términos generales no. Cada fabricante de iluminadores utiliza un tipo de puerto óptico en particular para efectuar la conexión entre iluminador y arnés. Por regla general, un arnés producido por un fabricante en particular no podrá ser utilizado en el iluminador de otro sin algún tipo de mecanización o alteración.



## S I S T E M A S

### **87. ¿Qué es un sistema de fibra óptica?**

Este término describe los elementos necesarios para instalar una unidad de trabajo.

### **88. ¿Qué es un Integrador de sistemas?**

Un integrador de sistemas adquiere las fibras al por mayor de un fabricante y procede a manipular, cortar, pulir, ensamblar, empaquetar, producir y comercializar un producto final.

### **89. ¿Cuál es la diferencia entre un Integrador de sistemas y un fabricante de fibras ópticas?**

Esta es una pregunta que sonaría un poco extraña referida a otras industrias pero no en la que nos ocupa. Muchas empresas sugieren e incluso afirman en sus panfletos y catálogos el hecho de ser fabricantes de fibra óptica cuando esto sencillamente no es cierto. Una empresa fabricante de fibras ópticas es la que transforma polímeros, monómeros o materias primas de vidrio en cilindros y filamentos, revistiendo estos con otros elementos para por fin crear fibras ópticas en bruto.

Se puede ver fácilmente la diferencia entre un fabricante de vidrio, un almacenista de vidrio y un fabricante de ventanas. El primero toma arena y otros componentes, los funde y produce vidrio. El segundo lo compra, almacena y revende, en tanto que el tercero lo incorpora en su producto final: una ventana.

Si se observa una lista de las gigantescas corporaciones de productos químicos y vidrio lo más corriente es que sean fabricantes de fibra óptica.

En el otro extremo, la mayoría de las empresas de fibra óptica son integradores de Sistemas. Esto viene a decir que no fabrican fibras al igual que un fabricante de ventanas no fabrica vidrio.

### **90. ¿Quiénes son los mejores fabricantes de fibras ópticas?**

Elegir una compañía entre varias sería bastante injusto porque en esta industria los participantes son, generalmente, respetables corporaciones industriales con reputación impecable y excelentes controles de calidad.

Las fibras ópticas de última tecnología no pueden llevarse a cabo en un cobertizo o un garaje ya que hacen falta enormes inversiones en maquinaria, equipo y recursos humanos para producir fibras ópticas de cualquier tipo.

La calidad media de las fibras en el mercado es excepcionalmente alta y hay que reconocer que los fallos y desastres que puedan haber ocurrido en el pasado han tenido muy poco que ver con la calidad de la fibra y mucho con el manejo y aplicación de los sistemas.

### **91. ¿Quiénes son los mejores integradores de sistemas?**

De manera opuesta a los fabricantes de fibras ópticas, los integradores de sistemas son generalmente pequeñas empresas. En este caso, el tamaño tiene el efecto opuesto en el producto final ya que el diseño de sistemas de fibras ópticas requiere una enorme cantidad de ingenio, talento y conocimientos técnicos incluso para pequeños proyectos. Las rápidas respuestas, diseños instantáneos, valoraciones y estudios que normalmente se demandan son muy difíciles de producir en un entorno corporativo.

Naturalmente esto quiere decir que algunos integradores de sistemas son poco más que una o dos personas con más entusiasmo que recursos.

Por otro lado, muchos integradores de sistemas poseen pocos conocimientos científicos y pronto se estrellan con las leyes de la física.

La certificación de productos, documentación, información y referencias suelen ser la mejor manera para determinar la reputación profesional de un fabricante.

En esta industria, cuando es imposible obtener una información precisa y detallada y cuando las cosas se presentan envueltas en un velo de secreto, generalmente significa que lo que sea es asimismo un misterio para el integrador.

### **92. ¿Cuántos componentes tiene un sistema de fibra óptica?**

Dependiendo de su uso final, los elementos más comunes en un sistema básico son: iluminador, arnés de fibra, puerto óptico y terminales. Asimismo pueden encontrarse terminaciones adicionales, apliques, controladores y unidades de potencia.

### **93. ¿Son costosos los sistemas de fibra óptica?**

Para determinar si un sistema es o no costoso habría que establecer la comparación con una alternativa, que en la mayoría de los casos no existe.

Comparar las fibras ópticas con una luminaria estándar o sistema no sería justo porque las fibras ópticas son únicas.

Un sistema de fibras ópticas puede transportar cantidades de luz diminutas o muy grandes a prácticamente cualquier sitio, con precisión, sin calor ni electricidad y con la fuente de luz en un lugar remoto. Si el sistema de fibra óptica tuviera que ser usado en aplicaciones donde los valores anteriores no tuviesen importancia habría que determinar entonces que no hay necesidad del mismo.

Los sistemas de fibras ópticas no son la solución universal a todos los problemas de iluminación, sino una herramienta o técnica para ser usada en aquellas circunstancias en que otros sistemas estarían en desventaja e incluso serían totalmente inadecuados.

Si se compara un punto de luz normal con un punto de fibra óptica, probablemente el precio se decantaría a favor del punto de luz normal. Si comparásemos múltiples puntos de luz con un sistema de fibra óptica provisto de varias guías y un iluminador, teniendo en cuenta las ventajas de mantenimiento y de ahorro de energía, entonces habría que reconocer que las fibras ópticas son baratas.

#### **94. ¿Se abaratarán en el futuro los sistemas de fibras ópticas?**

La iluminación por fibra óptica no es un producto de masas ni probablemente llegue nunca a serlo. Incluso hoy en día la mayoría de los sistemas, al menos en parte, son producidos de manera artesana o en pequeñas tiradas de algunos cientos de unidades como mucho. Pocos elementos se fabrican en cantidades de millares con la excepción de algunos componentes de inyección que tienen un valor unitario pequeño.

Desde un punto de vista de fabricación, las series cortas son caras de producir ya que las ventajas de las compras al por mayor y la fabricación en cadena están ausentes.

Los arneses de fibra óptica podrían ser producidos en serie con importantes ahorros de mano de obra que reducirían los costos drásticamente. El problema es que muy poco frecuentemente los arneses son del mismo tamaño o tienen idéntica composición de fibras. Por consiguiente, han de ser hechos a mano prácticamente uno por uno, lo cual resulta en elevados costes de producción.

Otra razón por los altos costos de los sistemas es el apoyo técnico que los fabricantes de sistemas han de proveer a sus clientes. La mayoría de las instalaciones tienen que ser estimadas y estudiadas individualmente en el propio estudio porque existe una gran carencia de personal técnico. Esto quiere decir que costosos departamentos técnicos tienen que estar disponibles a diario para proporcionar información.

#### **95. ¿Son difíciles de instalar los sistemas de fibras ópticas?**

Una vez más es importante establecer una comparación justa con otros elementos que en este caso pueden ser puntos de luz estándar.

En su conjunto, los sistemas de fibras ópticas son más fáciles de instalar que los puntos eléctricos.

Con frecuencia, paneles, techos, efectos o proyectos pueden llevar miles e incluso cientos de miles de terminaciones individuales de fibras ópticas, los cuales, para ser honesto, pueden representar un reto en su instalación.

El problema en esos casos es sólo de números, tamaño y complejidad. Nadie podría pretender llevar a cabo esos trabajos con otros elementos que no fuesen fibras ópticas ya que serían imposibles.

#### **96. ¿Qué es un firmamento oscilante?**

Probablemente uno de los efectos de iluminación más bellos e impactantes que el hombre haya creado y que pueden ser muy sencillos o considerablemente sofisticados. En su forma más sencilla, un firmamento oscilante se lleva a cabo con un número de pequeñas fibras empalmadas a una monofibra de gran diámetro que transporta la fibra desde el iluminador. Esto crea un número de puntos estáticos del mismo diámetro que pueden ser bastante efectivos aunque un poco simples.

Sistemas más elaborados utilizan fibras de diferentes calibres, desde 0,25 mm. a 3 mm. de diámetro. Los diferentes tamaños de fibra crean distintas intensidades de punto, lo cual produce un efecto de distancia, profundidad y perspectiva. Conjuntamente con un disco de efecto oscilante, el efecto puede ser casi mágico.

#### **97. ¿Qué es un disco de efectos?**

Un disco de metal o policarbonato que gira entre la lámpara y el colector provisto de agujeros, trazos, colores o patrones.

**98. ¿Qué es un arnés de animación?**

Un grupo de fibras ópticas colocadas de forma secuencial y numeradas. Las fibras se instalan en el mismo orden y con la ayuda de iluminadores especiales se las dota de animación y movimiento.

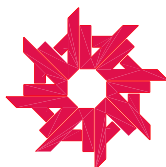
**99. ¿Que son efectos espaciales?**

Representaciones de cometas, nebulosas, estrellas fugaces, supernovas, auroras, meteoros y otros, realizados con cientos o miles de pequeñas fibras ópticas y un iluminador de animación.

**100. ¿Como describiría en una palabra los sistemas de iluminación por fibra óptica?**

Magia.





ADVANCED HOLDING A. S. GROUP OF COMPANIES (NORWAY)